

## Analisis Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) Udara Ambien Dan Proyeksi Risiko Kesehatan Di Kota Kupang

Ma'aki M.D. Sambur, Suwari, Fidelis Nitti

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Kupang

Article Received: 15 December 2022

Article Accepted: 30 December 2022

### Abstract

This study aims to determine the concentration of Total Suspended Particulate (TSP) in Kupang City and analyze public health risks. The sampling method used is the High Volume Air Sampler (HVAS) according to SNI 7119-3-2017. XRF analysis was carried out to determine the elements in the particulates. The results of the analysis showed that the highest concentration of TSP was  $175.768 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . The highest intake value is  $0.0206 \text{ mg}/\text{kg}/\text{day}$ , the highest RQ value is 0.008. The elements detected were Si, K, Ca, Ti, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Ce, Eu, and Yb. The results of the analysis show the concentration of TSP based on PP RI quality standards No. 22 of 2021 is still within safe limits, so there is no risk to public health in Kupang City.

**Keywords:** TSP, Risk Analysis, XRF Analysis

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di Kota Kupang dan menganalisis risiko kesehatan masyarakat. Metode *sampling* yang digunakan adalah *High Volume Air Sampler* (HVAS) sesuai SNI 7119-3-2017. Analisis XRF dilakukan untuk mengetahui unsur dalam partikulat. Hasil analisis konsentrasi TSP tertinggi yaitu  $175,768 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nilai asupan tertinggi adalah  $0,0206 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$ , nilai RQ tertinggi 0,008. Elemen yang terdeteksi adalah Si, K, Ca, Ti, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Ce, Eu, Yb. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi TSP berdasarkan baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 masih dalam batas aman, sehingga belum berisiko terhadap kesehatan masyarakat di Kota Kupang.

**Kata Kunci:** TSP, Analisis Risiko, Analisis XRF

### Pendahuluan

Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Udara yang mengandung satu atau lebih bahan pencemar atau kombinasi zat asing di dalamnya dalam jumlah tertentu dan dalam waktu yang cukup lama akan mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan<sup>1</sup>.

*World Health Organization* (2018) mengatakan industri, transportasi, pembangkit listrik batubara dan penggunaan bahan bakar padat dalam rumah tangga merupakan kontributor utama untuk pencemaran udara<sup>2</sup>. Salah satu parameter pencemar udara adalah *Total*

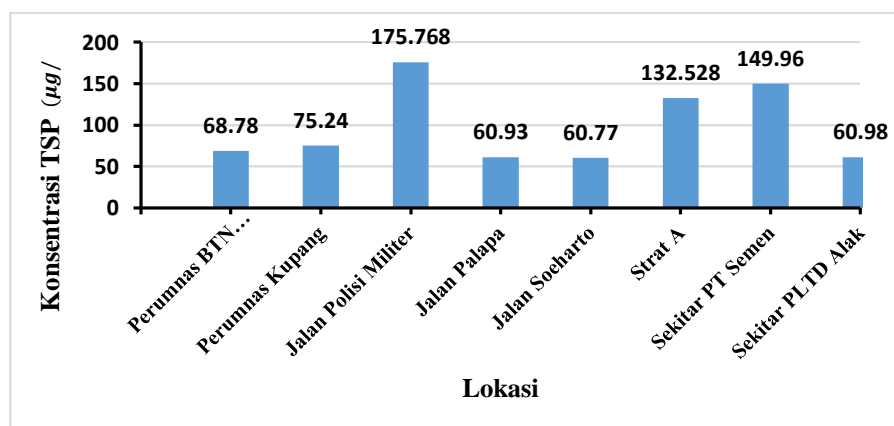
*Suspended Particulate* (TSP). Partikulat atau TSP merupakan total partikel yang berukuran kecil seperti debu, asap, dan uap dengan diameter kurang dari 100  $\mu\text{m}$ . *International Agency for Research on Cancer* (IARC) tahun 2013 menemukan risiko yang tinggi terhadap kanker paru-paru sejalan dengan tingginya paparan partikulat. Hasil penelitian di Amerika Serikat menunjukkan bahwa harapan hidup dapat dipersingkat lebih dari satu tahun di komunitas yang terpapar konsentrasi tinggi dibandingkan dengan mereka yang terpapar konsentrasi rendah<sup>3</sup>. Baku mutu untuk TSP berdasarkan PP RI nomor 22 tahun 2021 yaitu 230  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Kota Kupang adalah ibu kota provinsi Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan data BPS, jumlah penduduk dan indeks pembangunan di Kota Kupang kian meningkat setiap tahun. Padatnya penduduk yang kian bertambah berdampak pula pada kebutuhan ruang dan sarana untuk memenuhi dan meningkatkan kualitas hidup seperti pembangunan, transportasi, penggunaan bahan bakar fosil, dan beberapa kegiatan industri lainnya<sup>5</sup>. Kegiatan antropogenik seperti itulah yang menjadi penyumbang polutan ke udara. Berdasarkan UU RI No 32 Tahun 2009 yang menimbang bahwa lingkungan hidup yang baik dan sehat merupakan hak asasi setiap warga negara Indonesia<sup>6</sup>, sehingga perlu rencana perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian kadar partikulat debu (TSP) dan risiko terhadap kesehatan penduduk di Kota Kupang.

## Hasil dan Pembahasan

### Konsentrasi TSP

Pengambilan sampel udara secara *purposive sampling* di area yang telah ditentukan (Gambar 1) dilakukan pagi hari yaitu pada pukul 08.50-09.50 dimulai pada tanggal 11-13 April, kemudian dilanjutkan pada tanggal 19-22 April, dan pada tanggal 25 April. Konsentrasi TSP dianalisis menggunakan metode gravimetri (SNI 7119-3:2017)<sup>10</sup>.

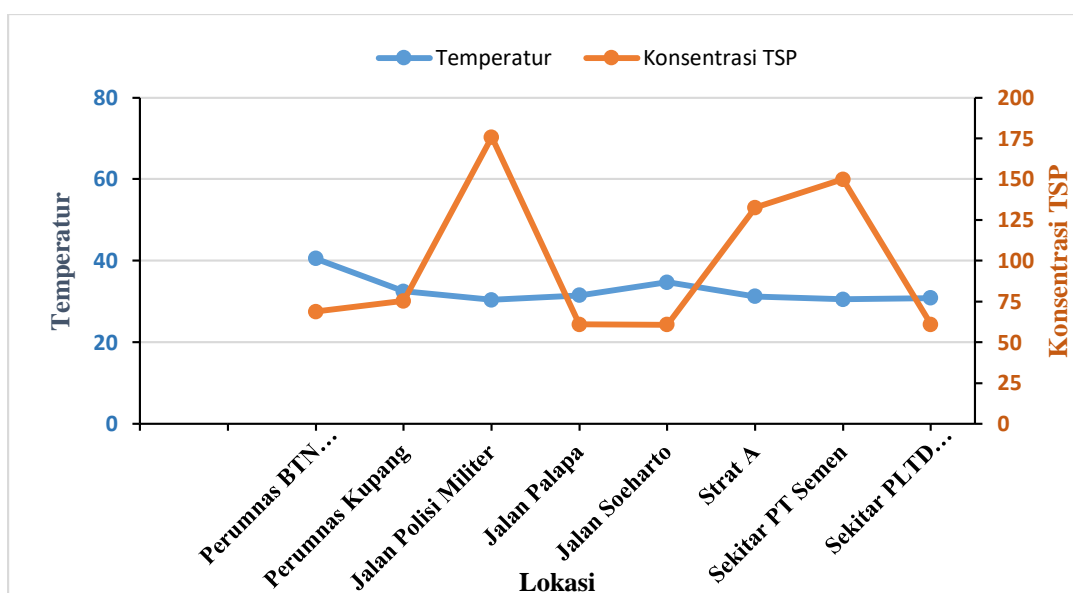


**Gambar 1** Konsentrasi TSP dari Udara Ambien

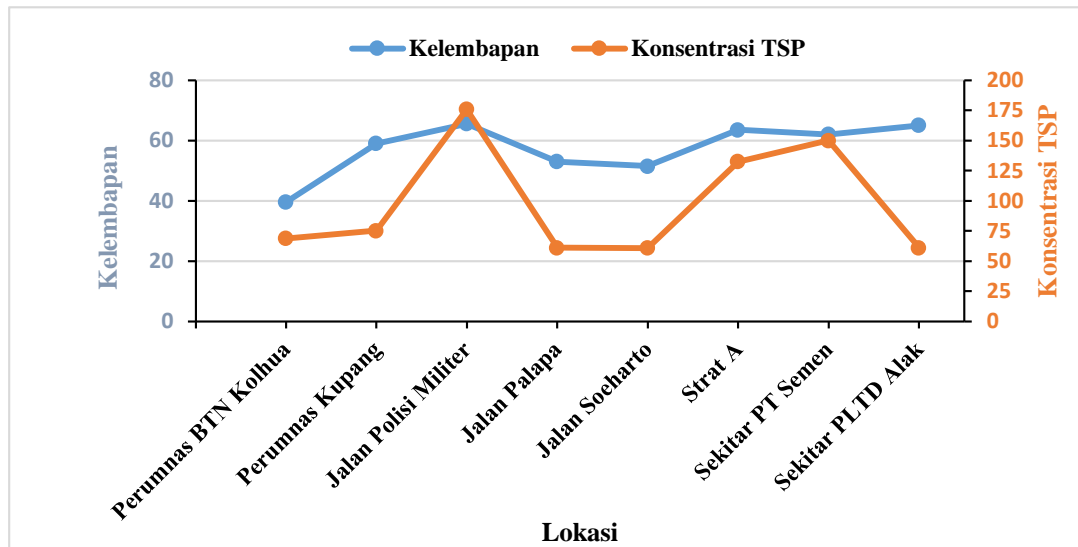
Pemerintah Indonesia menetapkan baku mutu udara untuk parameter pencemar TSP dalam PP RI No. 22 tahun 2021 yaitu  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan di delapan titik lokasi, konsentrasi debu tertinggi terdapat pada Jalan Polisi Militer belakang Kantor Gubernur yaitu sebesar  $175,768 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pada saat pengukuran intensitas cahaya di lokasi sangat rendah menyebabkan partikel debu tidak terdispersi, sehingga partikel tersebut mudah terhisap alat. Sumber TSP di Jalan Polisi Militer paling dominan berasal dari asap kendaraan bermotor. Hal ini disebabkan karena Jalan Polisi Militer merupakan salah satu jalan alternatif yang lebih cepat menghubungkan masyarakat ke Pasar Inpres, sehingga aktivitas transportasi cukup ramai pada saat pengukuran. Konsentrasi terendah terdapat pada lampu merah yang berada di Jalan Soeharto yaitu  $60,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Jalan Soeharto menjadi jalan penghubung ke pusat perbelanjaan, tetapi pada saat pengukuran aktivitas transportasi sangat sedikit. Intensitas cahaya yang tinggi pada saat pengukuran juga menjadi salah satu faktor rendahnya konsentrasi TSP. Secara keseluruhan konsentrasi TSP di Kota Kupang masih berada di bawah baku mutu TSP yang berlaku di Indonesia sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 yaitu  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Pengaruh Faktot Meteorologi terhadap Konsentrasi

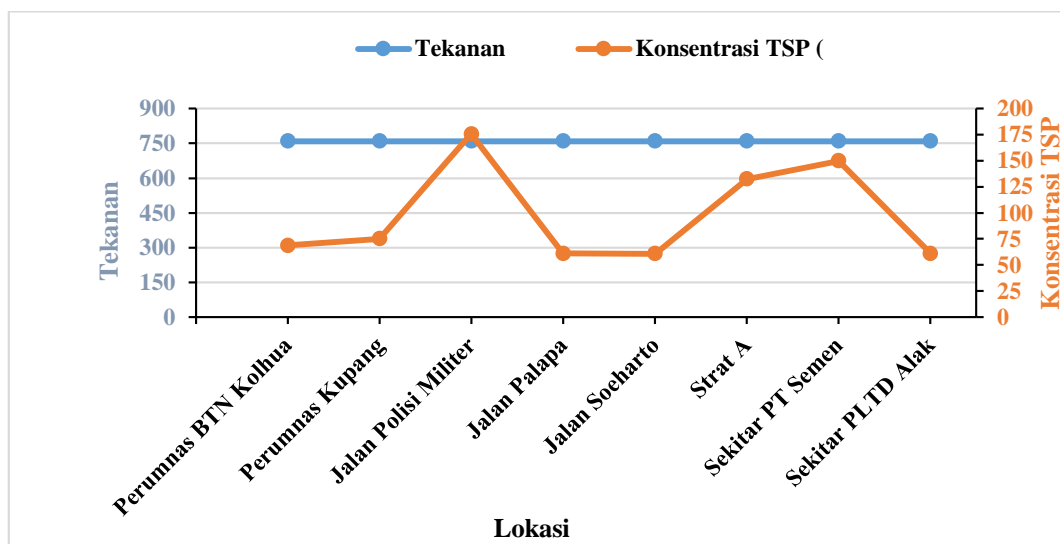
Dalam penelitian ini faktor meteorologi yang diukur adalah suhu, kelembapan, dan tekanan. Suhu dan kelembapan sangat erat hubungannya, karena jika suhu berubah maka kelembapan pun ikut berubah. Kenaikan suhu cenderung diikuti oleh turunnya kelembapan, begitu pula keadaan sebaliknya. Tekanan udara cenderung tidak terpengaruh, hal ini dikarenakan angin bertiup dari tempat dengan udara tekanan tinggi ke tempat yang tekanan udaranya rendah.



Gambar 2 Pengaruh Suhu terhadap Konsentrasi TSP



**Gambar 3** Pengaruh Kelembapan Terhadap Konsentrasi TSP



**Gambar 4** Pengaruh Tekanan Terhadap Konsentrasi TSP

Gambar 2 hingga Gambar 4 menunjukkan bahwa baik temperatur, kelembapan, bahkan tekanan tidak berpengaruh terhadap besar atau kecilnya konsentrasi TSP. Kondisi udara yang lembap dimana suhu udara turun akan menyebabkan terhalangnya radiasi matahari ke bumi karena terbentuknya awan di atmosfer dan membantu proses pengendapan bahan pencemar, sebab dengan keadaan udara yang lembap maka sejumlah partikel debu akan berikatan dengan air yang ada dalam udara dan membentuk partikel yang berukuran lebih besar, sehingga akan lebih mudah untuk mengendap ke permukaan tanah. Dalam penelitian ini temperatur, kelembapan dan tekanan tidak berpengaruh terhadap besarnya konsentrasi TSP, akan tetapi jumlah kendaraan yang beroperasi, jarak titik *sampling* pada

saat pengukuran dengan sumber pencemar, serta aktivitas masyarakat yang mempengaruhi konsentrasi TSP.

### Analisis XRF

Teknik fluoresensi sinar-X (XRF) merupakan suatu teknik analisis non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen berdasarkan pada panjang gelombang dan jumlah sinar-X yang dipancarkan kembali setelah suatu material ditembak dengan sinar x berenergi tinggi. Penelitian ini melibatkan 8 lokasi, namun karena dianggap sumber pencemar masing-masing area sama, maka untuk analisis XRF diambil sampel yang memiliki nilai konsentrasi paling besar untuk mewakili masing-masing area (permukiman, perkantoran, *traffic light*, dan industri) dan satu kertas saring bersih yang akan dijadikan sebagai kontrol.

**Tabel 1** Hasil Analisis XRF Sampel Partikulat Setiap Area Sampling

Unsur	Kode Sampel (Konsentrasi, %)					Senyawa Oksida	Kode Sampel (Konsentrasi, %)			
	487	488	489	490	491		487	489	490	491
Si	41,9	40,5	40,5	41,2	42,3	SiO <sub>2</sub>	60	58,5	59,3	58,5
K	6,73	6,46	6,57	6,65	6,61	K <sub>2</sub> O	4,85	4,79	4,83	4,71
Ca	14,7	15,9	15,5	14,6	13,3	CaO	12	12,7	12	13,1
Ti	0,74	0,68	0,70	0,69	0,66	TiO <sub>2</sub>	0,7	0,67	0,66	0,65
Fe	0,646	0,667	0,687	0,59	0,52	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,487	0,525	0,45	0,509
Ni	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	NiO	0,02	0,01	0,02	0,02
Cu	0,076	0,085	0,065	0,082	0,075	CuO	0,049	0,43	0,053	0,055
Zn	10,1	10,3	10,5	10,5	11,1	ZnO	6,44	6,83	6,76	6,68
Sr	-	0,19	0,21	0,20	0,22	SrO	-	0,12	0,12	0,12
Ba	24,4	24,4	24,5	24,6	24,6	BaO	15,1	15,3	15,3	15,3
Ce	0,4	0,3	0,4	0,41	0,3	CeO <sub>2</sub>	0,2	0,2	0,3	0,2
Eu	0,1	0,2	0,2	0,20	0,1	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,1	0,1	0,09
Yb	0,22	0,27	0,25	0,23	0,25	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	0,15	0,14	0,16

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium UNM, 2022

Keterangan :

- 487 = Sampel Lokasi PT. Semen
- 488 = Sampel Kontrol (kertas saring bersih)
- 489 = Sampel Lokasi Perumahan
- 490 = Sampel Lokasi Strat A
- 491 = Sampel Lokasi Jalan Polisi Militer

Berdasarkan hasil analisis XRF yang ditampilkan dalam Tabel 1 senyawa silika memiliki konsentrasi paling tinggi dari unsur-unsur lainnya. Hal ini disebabkan karena kertas

saring yang digunakan sebagian besar terbuat dari silikon. Menurut *International Agency for Research on Cancer (IARC)*<sup>3</sup>, silika tergolong dalam grup 1 zat yang bersifat karsinogenik pada manusia. Silika biasanya ditemukan dalam bentuk kristal dan jarang dalam keadaan amorf. Kristal silika terinhalasi menyebabkan penurunan fungsi paru-paru, radang paru-paru akut, gangguan autoimun, bahkan dapat menyebabkan kanker paru-paru<sup>7</sup>. Kristal silika yang mengendap di paru-paru, akan mengoksidasi dinding alveolus yang menyebabkan terjadinya fibrosis. Semakin banyak debu silika yang mengendap dalam paru-paru, maka fibrosis yang terjadi di alveolus semakin parah dan menimbulkan penyakit yang dikenal dengan pneumokoniosis silikosis<sup>8</sup>.

### **Analisis Risiko Kesehatan Masyarakat**

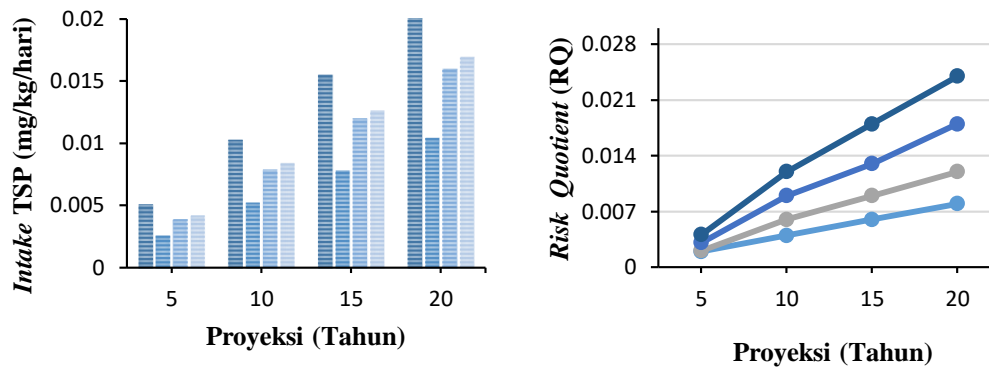
Analisis risiko kesehatan merupakan suatu model kajian untuk mendeskripsikan, memahami, dan memprediksi kondisi dan karakteristik lingkungan yang mempunyai potensi atau dapat menimbulkan risiko kesehatan manusia. Analisis risiko kesehatan bertujuan untuk memberikan dan menyediakan informasi secara lengkap.

### **Identifikasi Bahaya**

Tahap pertama dalam analisis risiko adalah identifikasi sumber-sumber bahaya yang ada dalam lokasi studi. Sumber bahaya yang akan diidentifikasi adalah konsentrasi TSP. Identifikasi TSP dengan mengukur konsentrasinya di udara dan melakukan wawancara dengan responden di 8 titik lokasi di Kota Kupang.

### **Analisis Paparan**

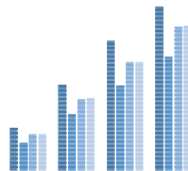
Analisis paparan dilakukan dengan mengestimasi jumlah asupan atau *intake* inhalasi setiap harinya dengan menghitung konsentrasi TSP, laju inhalasi, frekuensi paparan, durasi paparan dan berat badan. Pada penelitian ini *intake* non karsinogenik dihitung berdasarkan berat badan, mulai dari minimum, maksimum, rata-rata serta berat badan rata-rata orang Indonesia yaitu 55 kg<sup>9</sup> dan proyeksi *intake* hingga 20 tahun mendatang (*lifespan*), sebagai dasar melakukan upaya pencegahan apabila nilai yang diperoleh sudah melewati batas aman yang ditentukan.



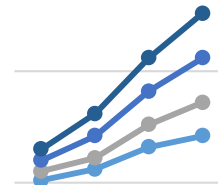
**Gambar 5** Nilai *Intake* TSP dan RQ Tertinggi dari Lokasi Jalan Polisi Militer

Keterangan :

- Intake TSP (mg/kg/hari) Min
- Intake TSP (mg/kg/hari) Max
- Intake TSP (mg/kg/hari) Rerata
- Intake TSP (mg/kg/hari) Nasional



- RQ Min
- RQ Max
- RQ Rerata
- RQ Nasional



- Min = *Intake* dan RQ pada individu dengan berat badan minimum hasil survei
- Max = *Intake* dan RQ pada individu dengan berat badan maksimum hasil survei
- Rerata = *Intake* dan RQ pada individu dengan berat badan rata-rata hasil survei
- Nasional = *Intake* dan RQ pada individu dengan berat badan rata-rata Orang Indonesia
- RfC = 2,42 mg/kg/hari
- RQ = <1: tidak berisiko, >1: berisiko

Berdasarkan hasil analisis, nilai *Intake* TSP pada gambar 5 menunjukkan bahwa orang dengan berat badan kecil lebih berisiko terpapar TSP dibandingkan dengan orang berat badan besar. Selain faktor berat badan, lama kerja responden juga mempengaruhi besarnya *intake*. Berat badan dan lama bekerja mempengaruhi perhitungan nilai risiko. Semakin besar berat badan responden, maka nilai *intake* yang diterima semakin kecil sedangkan semakin lama kerja responden dalam sehari, maka semakin banyak pula asupan debu yang masuk dalam tubuh responden tersebut<sup>9</sup>. Nilai *intake* TSP yang diprediksi hingga 20 tahun mendatang paling tinggi berdasarkan hasil analisis terdapat pada Jalan Polisi Militer yaitu 0,0206 mg/kg/hari.

### Analisis Dosis Respon

Melalui analisis dosis respon dapat diperkirakan jumlah zat yang masuk dalam tubuh serta pengaruhnya terhadap kesehatan seseorang. Analisis dosis respon dapat dilakukan dengan membandingkan nilai *intake* dengan nilai RfC TSP yang sudah ditetapkan oleh IRIS (*Integrated Risk Information System*) dari US EPA (*United State Environmental Protect Agency*) yaitu sebesar 2,42 mg/kg/hari. Nilai *intake* untuk semua lokasi pemantauan pada gambar 4.6 hingga 20 tahun mendatang masih di bawah standar RfC, sehingga dosis paparan harian tidak menimbulkan dampak atau efek yang mempengaruhi kesehatan.

### Karakteristik Risiko

Perhitungan tingkat risiko non karsinogenik RQ yaitu dengan membagi nilai asupan (*intake*) dengan nilai RfC. Paparan dikatakan berisiko apabila hasil perhitungan RQ menunjukkan lebih dari 1. Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada gambar 4.6, rata-rata nilai RQ masih dinyatakan aman.

### Manajemen Risiko

Manajemen risiko perlu dilakukan apabila nilai RQ lebih dari 1. Hasil analisis menunjukkan nilai RQ di delapan lokasi pemantauan dinyatakan aman, sehingga diperlu mempertahankan nilai RQ agar tidak melewati 1. Hal yang perlu dilakukan adalah menggunakan APD (Alat Perlindungan Diri) sesuai standar berupa masker respirator yang mampu menahan debu dengan ukuran partikel yang sangat kecil dan mulai menanam pohon.

### Kesimpulan

Konsentrasi TSP di Kota Kupang berada pada rentang  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 176 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Konsentrasi TSP di Kota Kupang masih dalam batas aman karena masih di bawah standar baku mutu TSP yaitu  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pencemaran TSP di Kota Kupang belum menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat Kota Kupang. Nilai *intake* TSP yang diprediksi hingga 20 tahun mendatang paling tinggi 0,0206 mg/kg/hari. Nilai ini masih di bawah dosis respon (RfC) yang sudah ditetapkan yaitu 2,42 mg/kg/hari. Nilai RQ juga masih di bawah angka 1, yaitu 0,008 untuk proyeksi 20 tahun mendatang. Hal ini menunjukkan cemaran TSP belum berisiko di Kota Kupang, sehingga risiko kesehatan tidak perlu dikendalikan tetapi harus dipertahankan agar nilai RQ tidak melebihi angka 1.



## Daftar Pustaka

1. Wardhana, Wisnu Arya. 2007. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi offset
2. World Health Organization (WHO). 2018. *Ambient Air Pollution*. Geneva: WHO
3. International Agency for Research on Cancer (IARC). 2013. *Air Pollution a Leading Environmental Cause of Cancer Deaths*. France: World Health Organization
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 tahun 2021. 2021. *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan*. Jakarta.
5. Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Kupang. 2021. *Proyeksi Penduduk Kota Kupang. Kupang: Badan Pusat Statistik*. <http://kupangkab.bps.go.id> .
6. UU No 32 Tahun 2009. 2009. *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta
7. Hamilton Jr., R.F., Thakur, S.A., Holian, A. 2008. Silica Binding and Toxicity in Alveolar macrophages. *Free Radic, Biol, Med*. Vol.44, Hal.1246-1258
8. Yunus, F. 1997. Dampak Debu Industri pada Paru Pekerja dan Pengendaliannya. *Jurnal Cermin Dunia Kedokteran*, Vol.115, Hal. 45-41
9. Rahmadini, Rafini. 2019. Analisis Risiko Total Suspended *Particulate* (TSP) pada Tahap Pembangunan Jalan terhadap Kesehatan Pekerja (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Kendal-Batas Kota Semarang, Jawa Tengah). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol.4, Hal.1-7
10. Standar Nasional Indonesia (SNI). 2005. *Udara ambien-bagian 3: Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metode Gravimetri*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

## Metodologi

### Bahan

Kertas saring Whatman No. 42 dengan diameter 125 mm dan porositas  $2,5 \mu\text{m}$ , glass fiber filters TFAGF41 dengan diameter 4 inci dan porositas  $<3 \mu\text{m}$ , dan plastik tip.

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, desikator, HVAS (*Staplex TFIA-2*), timbangan analitik, *meteorological instrument* (PCE|FWS 20), pencatat waktu, GPS (*Garmin 76 CSx*), dan penjepit

## Pelaksanaan Penelitian

Sebelum dilakukannya penyaringan udara, kertas saring terlebih dahulu dioven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam dengan tujuan menghilangkan kadar air. Setelah di oven, kertas saring disimpan dalam desikator. Kertas saring sebelum dibawa ke lokasi penelitian, ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan analitik dan dicatat sebagai berat awal ( $W_1$ ), kemudian kertas saring disimpan dalam plastik klip dan dibungkus menggunakan amplop coklat. Setiap 30 menit dibaca dan dicatat variabel meteorologis seperti laju alir ( $Q_1$  dan  $Q_2$ ), nilai kelembapan udara, suhu dan tekanan menggunakan *meteorological instrument*. Setelah satu jam pengukuran, kertas saring ditimbang kembali sebagai berat akhir ( $W_2$ ). Konsentrasi TSP yang diperoleh merupakan hasil pengukuran yang dilakukan selama 1 jam dan dianalisis menggunakan metode gravimetri (SNI 7119-3:2017).

## Analisis Data

*Koreksi laju alir pada kondisi standar*

$$Q_s = Q_0 \times \frac{[T_s \times P_0]^{\frac{1}{2}}}{T_0 \times P_s}$$

Keterangan :

- Q<sub>s</sub> : laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar(m<sup>3</sup>/menit);
- Q<sub>0</sub> : laju alir volume uji (m<sup>3</sup>/menit);
- T<sub>s</sub> : adalah temperatur standar, 298 K;
- T<sub>0</sub> : adalah temperatur rata-rata aktual (273 + Tukur) dimana Q<sub>0</sub> ditentukan;
- P<sub>s</sub> : adalah tekanan barometrik standar, 101,3 kPa (760 mmHg);
- P<sub>0</sub> : adalah tekanan barometrik rata-rata aktual dimana Q<sub>0</sub> ditentukan

*Volume contoh uji udara*

$$V_{std} = Q_s \times t$$

Keterangan:

- V<sub>std</sub> : volume contoh uji udara dalam keadaan standar(Nm<sup>3</sup>/menit)
- Q<sub>s</sub> : laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ke-s (Nm<sup>3</sup>/menit)
- t : durasi pengambilan contoh uji (menit)

*Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien*

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V_{std}}$$

Keterangan:

- C : Konsentrasi TSP (μg/m<sup>3</sup>)
- W<sub>2</sub> : Berat akhir kertas saring (g)
- W<sub>1</sub> : Berat awal kertas saring (g)

*Konversi Canter untuk konsentrasi TSP*

$$C_1 = C_2 \times \left[ \frac{t_2}{t_1} \right]^p$$

Keterangan :

- C<sub>1</sub> : konsentrasi TSP pengukuran 24 jam
- C<sub>2</sub> : konsentrasi TSP Pengukuran 1 jam
- t<sub>1</sub> : 24 jam
- t<sub>2</sub> : 1 jam

p : nilai p pada persamaan ini diperoleh dari

$$C_1 = C_2 \times \left[ \frac{t_2}{t_1} \right]^p$$

$C_1$  :  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( baku mutu TSP pengukuran 24 jam)

$C_2$  :  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (baku mutu TSP 1 tahun)

$t_1$  : 1 hari

$t_2$  : 365 hari

$$230 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 90 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \left[ \frac{365 \text{ hari}}{1 \text{ hari}} \right]^p$$

$$p = 0,159$$

### Analisis XRF

Analisis XRF dilakukan untuk mengetahui unsur logam yang terkandung dalam sampel TSP. Sampel yang akan dianalisis dipilih 4 lokasi dengan konsentrasi tertinggi yang mewakili permukiman, perkantoran, industri, dan *traffic light* dan satu kertas saring yang belum digunakan. Sampel dianalisis di Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Malang. Sampel (kertas saring) yang dianalisis tidak dilakukan preparasi sebelumnya.

**Tabel 2** Sampel Analisis XRF

No	Lokasi	C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	Permukiman	Konsentrasi tertinggi
2	Perkantoran	
3	Traffic Light	
4	Perindustrian	
5	Kertas saring bersih	-

### Analisis Risiko

#### Identifikasi Bahaya

Pengukuran konsentrasi TSP pada udara ambien dan wawancara (*interview*) dengan responden.

#### Analisis Paparan

Analisis paparan atau *exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur paparan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel yang terdapat dalam persamaan berikut:

$$I = \frac{C \times R \times t_g \times f_g \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

- I : Asupan (*intake*), (mg/kg/hari)  
 C : Konsentrasi *risk agent*, (mg/m<sup>3</sup>)  
 R : Laju asupan atau konsumsi, m<sup>3</sup>/jam untuk inhalasi  
 t<sub>E</sub> : Waktu paparan (jam/hari)  
 f<sub>E</sub> : Frekuensi paparan (350 hari/tahun)  
 D<sub>t</sub> : Durasi paparan, (*realtime* atau proyeksi, tahun)  
 W<sub>b</sub> : Berat badan (kg)  
 t<sub>avg</sub> : Periode waktu rata-rata (D<sub>t</sub> × 365 hari/tahun)

### Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dosis dan efek toksik. Toksisitas dinyatakan sebagai konsentrasi referensi (RfC) untuk paparan inhalasi non karsinogenik dan RfD untuk paparan inhalasi. Nilai RfC untuk TSP sudah ditetapkan oleh IRIS (*Integrated Risk Information System*) dari US EPA (*United State Environmental Protect Agency*) yaitu sebesar 2,42 mg/kg/hari.

### Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko dinyatakan sebagai tingkat risiko non karsinogenik akibat paparan TSP pada udara ambien, dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan:

- RQ : Tingkat risiko non karsinogenik akibat paparan TSP  
 Ink : *Intake* atau asupan (mg/kg/hari)  
 RfC : Konsentrasi referensi (mg/kg/hari)  
 RQ >1 : Berisiko  
 RQ <1 : Tidak berisiko

### Manajemen Risiko

Manajemen risiko dilakukan bilamana nilai RQ lebih dari satu. Upaya dan usaha yang dilakukan untuk menghindari, mencegah dan atau meminimalisasikan dampak yang ditimbulkan.