



Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Studi Kandungan Logam Berat (As, Cd, Cr, Pb Dan Hg) dalam *Particulate Matter* 10 Mikron (PM₁₀) di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Isra' Suryati^a, M. Nasri Akbar^a, Nurrakhmah Latifah^a

^aProgram Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

Email : isratl@usu.ac.id

A B S T R A C T

The increase in population is directly proportional to the increase in transportation facilities. Medan city as one of the metropolitan cities also experienced an increase in the number of vehicles $\pm 0.6\%$ / year. Motorized vehicles are one source of emissions in reducing urban air quality. One parameter that has a direct impact on health is particulate matter of 10 microns (PM₁₀). This study aims to analyze the content of heavy metals (As, Cd, Cr, Hg and Pb) in PM₁₀ from direct measurements on SM Raja Street, Balai Kota Street and Pinang Baris Street. Analysis of heavy metal content in PM₁₀ is carried out by Inductively Coupled Plasma (ICP). Based on the observation of traffic volume in these 3 (three) roads, the highest number of vehicles is on SM Raja Street which is 8,417 units/hour (morning) and 10,043 units/hour (afternoon). The high number of vehicles on SM Raja Street because this road is a cross-province road. PM₁₀ measurement results are 271,505 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ on SM Raja Street, 92,75 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ at Pinang Baris Street and 85,035 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ at Balai Kota Street. When compared with the national ambient air quality standard (150 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$) which exceeds the quality standard is SM Raja Street. The content of some heavy metals in PM₁₀ on several roads in Medan City for As parameters (0.57 - 1.80 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), Cd (1.97 - 3.63 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), Cr (0.08 - 0, 15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), Hg (0.57 - 0.99 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) and Pb (0.45 - 0.63 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). One way to reduce heavy metal content in PM₁₀ is to increase the area of green open space in Medan City.

Keywords: Heavy metals, PM₁₀, area of green, transportation

A B S T R A K

Peningkatan populasi berbanding lurus dengan peningkatan fasilitas transportasi. Kota Medan sebagai salah satu kota metropolitan juga mengalami peningkatan jumlah kendaraan $\pm 0,6\%$ / tahun. Kendaraan bermotor adalah salah satu sumber emisi dalam mengurangi kualitas udara perkotaan. Salah satu parameter yang memiliki dampak langsung terhadap kesehatan adalah partikel 10 mikron (PM₁₀). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat (As, Cd, Cr, Hg dan Pb) di PM₁₀ dari pengukuran langsung di Jalan SM Raja, Jalan Balai Kota dan Jalan Pinang Baris. Analisis kandungan logam berat dalam PM₁₀ dilakukan oleh *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Berdasarkan pengamatan volume lalu lintas di 3 (tiga) jalan ini, jumlah kendaraan tertinggi adalah di Jalan SM Raja yaitu 8.417 unit / jam (pagi) dan 10.043 unit / jam (sore). Tingginya jumlah kendaraan di Jalan SM Raja karena jalan ini merupakan jalan lintas provinsi. Hasil pengukuran PM₁₀ adalah 271.505 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$ di Jalan SM Raja, 92,75 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$ di Jalan Pinang Baris dan 85.035 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$ di Jalan Balai Kota. Jika dibandingkan dengan standar kualitas udara ambien nasional (150 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$) yang melebihi standar kualitas adalah Jalan SM Raja. Kandungan beberapa logam berat dalam PM₁₀ pada beberapa jalan di Kota Medan untuk parameter As (0,57 - 1,80 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$), Cd (1,97 - 3,63 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$), Cr (0,08 - 0, 15 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$), Hg (0,57 - 0,99 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$) dan Pb (0,45 - 0,63 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$). Salah satu cara untuk mengurangi kandungan logam berat di PM₁₀ adalah dengan meningkatkan area ruang terbuka hijau di Kota Medan.

Kata Kunci: logam berat, PM₁₀, terbuka hijau, transportasi

1. PENDAHULUAN

Kota Medan sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Utara merupakan kota terbesar ketiga di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai 2.229.408 jiwa pada tahun 2016. dan mengalami kenaikan sebesar 19.484 jiwa (0,84%) dari tahun sebelumnya (BPS 2017). Peningkatan jumlah penduduk di Kota Medan mengakibatkan peningkatan kebutuhan sarana publik, salah satu sarana publik yang memiliki peran penting adalah sarana transportasi. Jumlah kendaraan yang ada di Kota Medan mencapai 93.002 unit, dengan jenis kendaraan terbanyak adalah sepeda motor yang mencapai 84.887 unit, mobil 5.106 unit, truk 2.897 unit dan bus mencapai 112 unit (BPS 2017).

Peningkatan jumlah kendaraan akan menurunkan kualitas udara ambien perkotaan. Kendaraan merupakan salah satu sumber pencemar yang tertinggi di suatu kota. Kota Medan mempunyai *Air Quality Monitoring System* (AQMS) untuk memantau kualitas udara perkotaan secara terus menerus. AQMS tersebut terletak di Kawasan Industri Medan Belawan, Pinang Baris, Jl Kapten Jamin Lubis dan Taman Remaja. Semua AQMS yang ada di Kota Medan tersebut sudah tidak aktif lagi sejak tahun 2012 karena rusak (Suryati, dkk, 2017).

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara karena menghasilkan gas CO, NO_x, Hidrokarbon, dan SO₂ (Soedomo, M, 2001). Selain gas, parameter lain yang dihasilkan oleh kendaraan adalah partikulat dalam bentuk TSP, PM₁₀ dan PM_{2,5}.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Suryati, dkk (2017) tentang pemetaan sebaran PM₁₀ di Kota Medan diperoleh nilai konsentrasi berkisar dari 16-126 µg/Nm³. Sebaran konsentrasi PM₁₀ tertinggi berada di daerah Kecamatan Medan Belawan, Kecamatan Medan Amplas dan Kecamatan Medan Helvetia. Tingginya konsentrasi di titik-titik ini karena beragamnya sumber emisi yaitu dari aktivitas di kawasan industri dan lalu lintas kendaraan. Semakin banyak sumber emisi semakin besar beban emisi yang dihasilkan dan semakin tinggi polutan di udara sekitar.

PM₁₀ adalah partikel yang berukuran kurang dari atau sama dengan 10 mikrometer, ukuran ini sangat kecil sehingga dapat masuk ke paru-paru, berpotensi menyebabkan masalah kesehatan yang serius. Sejumlah penelitian ilmiah menghubungkan paparan polusi partikel dengan berbagai masalah kesehatan, termasuk iritasi mata, hidung dan tenggorokan, batuk, dada sesak dan sesak napas, fungsi paru-paru berkurang, denyut jantung tidak teratur, serangan asma, serangan jantung, dan kematian dini pada orang dengan penyakit jantung atau penyakit paru-paru (US.EPA, 2015).

Paparan PM₁₀ dan toksisitasnya berkaitan dengan lokasi geografis dan musim sampling dan sesuai dengan komponen kimia dari berbagai fraksi PM₁₀. Jika terhirup, PM₁₀ akan mengganggu sistem pernafasan, karena cenderung menumpuk di saluran pernafasan. Dosis paparan PM₁₀ tergantung pada

konsentrasi PM₁₀ di udara, diameter aerodinamis, tingkat deposisi di udara, dan mekanisme pembersihan dan retensi partikel di dalam saluran pernafasan (Schiliro, et al., 2015).

Partikel halus dengan diameter aerodinamis kurang dari 1-2 µm dapat dengan mudah mencapai alveolar dan unsur serta senyawa yang dibawa didalamnya dapat diserap dengan batas sampai 60-80% tergantung pada kemampuan biologis tubuh penerima. Berbagai logam telah diteliti mengenai sifat karsinogeniknya seperti Cd, As, Ni, dan Pt. Untuk penilaian resiko PM₁₀ dalam tubuh manusia, tidak cukup hanya dengan menentukan dan mengetahui konsentrasi PM₁₀ (Muranszky et al., 2011).

Partikel atmosfer berasal berasal dari berbagai sumber dan memiliki tingkatan karakter bentuk, fisika, kimia, dan termodinamika. Partikel di atmosfer terdiri atas ion-ion anorganik, komponen logam, organik, geologis dan karbon elemental (US. EPA, 2015).

Bedasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan Leinawati dkk (2013) di Kota Bandung hasil dari analisis diperoleh jumlah anorganik terbesar hingga terkecil secara berurutan adalah Na, Ca, Fe, K, Pb, Mg, Mn, Cd, Zn, Ni, Cu, Co, As, Hg.

Penelitian yang dilakukan Mukhtar dkk (2013) di beberapa kota di Indonesia yaitu Yogyakarta, Semarang, Surabaya, Palangkaraya, Pekanbaru, Bandung, Jakarta, Tangerang (Serpong), Bali, dan Makassar, terdeteksi 15 unsur logam berat di udara ambien, diantaranya, Natrium (Na), Magnesium (Mg), Aluminium (Al), Silikon (Si), Sulfur (S), Kalium (K), Kalsium (Ca), Kromium (Cr), Mangan (Mn), Besi (Fe), Kobal (Co), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), Seng (Zn), dan Timbal (Pb). Kisaran kadar masing-masing unsur secara berurutan dalam satuan ng/m³ adalah 1,90 – 667; 1,33 – 786; 0,13 – 1020; 0,2 – 744; 2,54 – 1397; 3,7 – 640 ; 0,48 – 381; 1,3 – 7,2 ; 0,02 – 22,5 ; 1,94 – 1561 ; 0,018 – 18,52 ; 0,26 – 13 ; 0,05 – 18,79; 2,9 – 913 ; 0,2 – 2664,2.

Dari hasil penelitian Murillo dkk (2013) yang dilakukan di Kota Kosta Rika, Amerika Tengah dilakukan analisis aerosol mass reconstruction (AMR) untuk mengetahui karakteristik kimia organik dan anorganik di dalam partikulat. Komponen kimia dikelompokkan menjadi enam kategori: crustal materials (CM), trace elements (TE), organic matter (OM), elemental carbon (EC), sea salt (SS), dan secondary ions (SI). Logam berat seperti Al, K, Fe, Ca, Mg, Ti dan Si masuk kedalam kelompok Crustal materials (CM).

Selama ini pengendalian pencemaran udara masih melihat konsentrasi dari PM₁₀ dan belum menganalisis kandungan logam berat dalam PM₁₀. Sehubungan dengan terdapatnya faktor-faktor pemicu peningkatan konsentrasi partikulat dari sumber transportasi, maka diperlukan suatu penelitian untuk menentukan konsentrasi partikulat dan konsentrasi logam berat yang dikandungnya. Hal ini sangat penting untuk menentukan pengendalian pencemaran udara yang optimal.

Hasil penelitian yang dilakukan Suryati dkk (2017) tentang sebaran PM₁₀ di Kota Medan maka perlu juga dilakukan

penelitian terkait kandungan logam berat pada PM_{10} di 3 titik yaitu di Jl. SM Raja, Jl. Pinang Baris, dan Jl. Balai Kota. Pemilihan ketiga titik ini berdasarkan peta isophlet konsentrasi PM_{10} di Kota Medan dimana konsentrasi PM_{10} di Jl. SM Raja sudah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan WHO ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Keberadaan PM_{10} pada lingkungan sekitar jalan tersebut membuktikan adanya penurunan kualitas udara ambien.

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan. Tingkat toksisitas logam berat terhadap manusia dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Widowati, et al., 2008).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis konsentrasi logam berat As, Cr, Cr, Hg dan Pb dalam PM_{10} di beberapa ruas jalan di Kota Medan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan korelasi antara jumlah kendaraan dengan kandungan logam berat (As, Cr, Cr, Hg dan Pb) dalam PM_{10} .

2. METODOLOGI

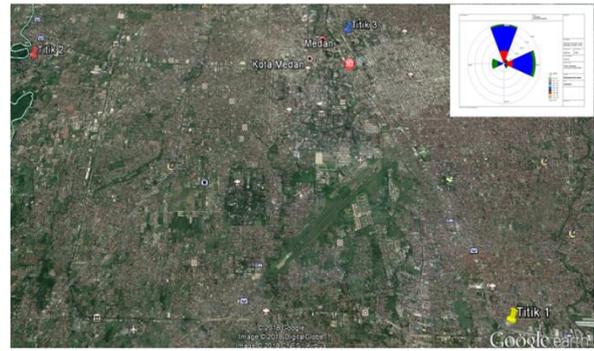
Lokasi Penelitian

Sebelum pengambilan sampel kualitas udara ambien (sampling) maka dilakukan dulu penentuan titik/lokasi sampling. Sampling akan dilakukan di 3 (tiga) lokasi. Pertimbangan titik sampling ini berdasarkan windrose, peta indeks kualitas udara dari hasil penelitian terdahulu (Suryati dkk, 2017). Pemilihan titik sampling juga akan mewakili transportasi dan pusat kota. Parameter polutan terpilih untuk sampling adalah PM_{10} . Parameter ini dipilih karena berdasarkan penelitian terdahulu (Suryati dkk, 2017). merupakan parameter yang sudah melebihi baku mutu di beberapa titik sampling.

Penelitian akan dilakukan di kota Medan dengan jumlah titik sampling 3 (tiga) titik sampling. Lokasi titik sampling di Kota Medan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Mewakili sumber emisi dari sektor transportasi karena intensitas lalu lintas yang padat yaitu Jl. SM Raja (titik 1)
2. Mewakili sumber emisi dari sektor transportasi karena intensitas lalu lintas yang padat yaitu Jl. Pinang Baris (titik 2)
3. Area kawasan pusat pemerintahan dan mewakili sektor transportasi Jl. Balai Kota (titik 3)

Lokasi rencana pengambilan sampel parameter polutan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth, 2018

Metode Pengumpulan Data

Data sekunder adalah data yang mendukung penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini terdiri dari dua hal yaitu data ameteorologi dan data kualitas udara ambien. Data meteorologi (arah angin, kecepatan angin, suhu, kelembaban, penyinaran matahari dan curah hujan) selama 5 (lima) tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG Kota Medan. Khusus untuk data arah dan kecepatan angin akan diolah dengan menggunakan Program WRPLOT View sehingga diperoleh windrose terkait penentuan titik sampling. Data kualitas udara ambien eksisting berupa peta indeks kualitas udara ambien untuk parameter PM_{10} . Data ini diperoleh dari hasil penelitian terdahulu (Suryati dkk, 2017).

Data primer adalah data yang diperoleh dari observasi serta pengambilan gambar dan dokumentasi. Data primer yang didapat dalam penelitian ini merupakan pengukuran langsung di lapangan yang meliputi parameter PM_{10} . Data primer yang akan diambil adalah pengambilan sampel (sampling) parameter polutan PM_{10} menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS), pengambilan data meteorologi berupa data arah dan kecepatan angin (dengan anemometer), suhu (dengan termometer), tekanan dan kelembaban (dengan hygrometer) data kepadatan lalu lintas dengan menghitung jenis dan jumlah kendaraan di lokasi sampling serta data kegiatan sumber emisi lainnya seperti jumlah industri, bahan bakar industri, dll serta koordinat titik sampling dengan menggunakan GPS.

Metode Analisis Data

Analisis kandungan logam berat dalam sampel PM_{10} dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah proses destruksi sampel. Proses destruksi sampel dilakukan dengan kertas filter dipotong menjadi bagian halus, sampel tersebut ditambahkan Asam Nitrat (HNO_3) pekat sebanyak 50 ml, kemudian sampel dipanaskan di dalam hot plate selama 2-3 jam hingga seluruh logam yang terkandung di dalam partikulat terlarut seluruhnya ke dalam larutan asam dan filter mengalami perombakan. Selama pemanasan dapat dilakukan penambahan HNO_3 secukupnya. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam botol polyethylene yang bersih dan disimpan dalam lemari es untuk selanjutnya diperiksa dengan ICP untuk mendapatkan kandungan logam berat dalam PM_{10} (Goembira, 2006).

Tahapan kedua adalah proses analisis dengan ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES)). ICP-AES adalah salah satu dari beberapa teknik analisa atomik spektroskopi. ICP-AES menggunakan plasma sebagai sumber atomisasi dan eksitasi dan kemudian pancaran yang di hasilkan unsur di ukur intensitasnya. Plasma adalah suatu gas ionisasi yang terdiri dari ion,atom dan elektron

Langkah kerja ICP-AES terdiri dari 6 tahapan. Tahap pertama adalah Preparasi Sampel. Pada tahap ini beberapa sampel memerlukan langkah preparasi khusus seperti penambahn asam, pemanasan, dan desktruksi dengan mikrowave. Tahap kedua adalah Nebulisasi yang artinya cairan diubah menjadi aerosol. Tahap berikutnya adalah Desolvasi/ Volatisasi yaitu, Pelarut dihilangkan sehingga terbentuk aerosol kering. Tahap keempat adalah atomisasi, yang merupakan ikatan gas putus, dan hanya ada atom. Suhu plasma dan temperatur sangat penting pada tahap ini. Tahap kelima adalah eksitasi, yaitu atom memperoleh energi dari tumbukan dan memancarkan cahaya dari panjang gelombang yang khas. Tahapan terakhir adalah deteksi/ pemisahan, yaitu grating mendispersikan cahaya yang dapat diukur secara kuantitatif.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara hanya mengatur kadar Timbal (Pb) dalam udara ambien sebesar 2 µg/Nm³. Oleh karena keterbatasan standar konsentrasi logam berat di Indonesia, maka sebagai pembanding digunakan baku mutu dari beberapa negara.

Pusarpedal bekerjasama dengan PTNBR BATAN Bandung melakukan kajian tentang kandungan logam berat di beberapa kota di Indonesia untuk selanjutnya dijadikan usulan baku mutu logam berat yang bisa ditetapkan di Indonesia. Usulan ini diajukan dengan mempertimbangkan dampak dari beberapa logam berat yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan lingkungan (Mukhtar dkk, 2013).

Pada Tabel 1 dapat dilihat baku mutu logam berat yang dimiliki beberapa negara dan juga usulan yang merupakan hasil kajian Pusarpedal dan PTNBR BATAN Bandung untuk waktu pengukuran 24 jam.

Tabel 1. Pembanding Baku Mutu Logam Berat

N	Unsur Logam	OAQ C /TCE Q	Vietna m	Indi a	PP RI 41/19 99	WH O	Usulan Pusarpedal – PTNBR BATAN Bandung
1	Arsen	0,5	0,017	-	-	-	0,3
2	Kadmium	2	0,226	-	-	-	2
3	Kromium	-	-	-	-	-	1,5
4	Merkuri	2	0,3	-	-	-	0,3
5	Timbal	2	1,5	1	2	-	1
6	Mangan	2,5	-	-	-	0,018	2,5
7	Nikel	2	1	-	-	-	2

Sumber : Mukhtar dkk, 2013

Hasil analisa kandungan logam berat dalam PM₁₀ dibandingkan dengan baku mutu logam berat dari beberapa negara di dunia (lihat tabel 1).

Analisis data secara statistik untuk menentukan korelasi antara sumber pencemar dengan kandungan logam berat dalam PM₁₀ dengan menggunakan persamaan uji korelasi seperti persamaan 1.

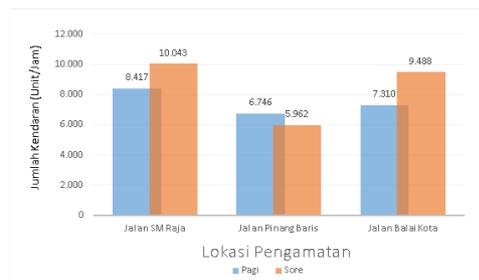
$$R = \frac{n \cdot \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{(n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad (1)$$

Menurut Radytia (2011), berikut adalah nilai korelasi (r) dan keterangannya; 0 : tidak ada korelasi antara dua variabel; 0 – 0,25 : korelasi sangat lemah; 0,25 – 0,5 : korelasi cukup; 0,5 – 0,75 : korelasi kuat; 0,75 – 0,99 : korelasi sangat kuat 1 : korelasi sempurna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Kendaraan di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Pada saat pengambilan sampel konsentrasi PM₁₀ dilakukan *traffic counting* di 3 (tiga) lokasi titik sampling yaitu Jl. SM Raja, Jl. Pinang Baris dan Jl. Balai Kota. Traffic counting dilakukan 2 (dua) kali yaitu pagi dan sore hari. Pemilihan waktu ini dengan mempertimbangkan tingkat aktivitas masyarakat tertinggi pada saat pagi hari seperti berangkat ke sekolah dan tempat kerja. Sore hari merupakan waktu masyarakat pulang dari aktivitas mereka sehari-hari. Penelitian ini mengklasifikasikan kendaraan bermotor yang dihitung menjadi 7 (tujuh) kategori yaitu sepeda motor, angkot, mobil, pick-up, minibus, bus, dan truk sesuai dengan PerMenLH No. 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah Perkotaan. Hasil traffic counting dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jumlah Kendaraan di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Berdasarkan Gambar 2, Jl. SM Raja merupakan titik sampling dengan jumlah kendaraan terbanyak yaitu sebesar 37,45% pada waktu pagi dan 39,4% pada waktu siang. Hal ini disebabkan karena Jl. SM Raja merupakan jalan lintas-nasional yang menghubungkan antar provinsi selain itu setiap kendaraan bermotor yang akan beraktivitas seperti sekolah, kerja, keluar kota, pendatang dari luar kota akan selalu melewati titik sampling ini, sehingga lalu lintas kendaraan di titik sampling ini pun cenderung lebih padat dari titik sampling lainnya.

Jenis kendaraan dominan yang lewat pada Jl. SM Raja adalah sepeda motor sebanyak 59,18 % dari total jenis kendaraan yang lewat. Sepeda motor merupakan jenis kendaraan yang dominan karena sepeda motor merupakan salah satu moda transportasi yang murah dan terjangkau oleh masyarakat. Selain itu dari segi harga yang murah dan penggunaan sepeda motor akan memberikan kemudahan untuk mencapai akses lebih cepat dalam rangka menghindari kemacetan.

Selain sepeda motor, jenis kendaraan yang dominan di Jl. SM Raja adalah mini bus sebanyak 19,26%, angkutan kota (angkot) sebanyak 7,35%, taksi sebanyak 0,35%, pick up sebanyak 3,03%, jeep sebanyak 1,53%, sedan sebanyak 3,25%, bus sebanyak 2,73% dan truk sebanyak 3,07% . Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Putri (2016), jumlah kendaraan yang tertinggi terletak di Jl. SM Raja dengan jenis kendaraan dominan adalah sepeda motor.

Sementara itu untuk Jl. Pinang Baris merupakan jalan yang paling sedikit dilalui oleh kendaraan bermotor dari ketiga titik sampling yang dilakukan. Gambar 1 menunjukkan jumlah kendaraan yang melintas pada waktu pagi sebesar 30,02% dan 23,39% pada waktu siang. Hal ini dapat dijelaskan karena waktu pengambilan data jumlah kendaraan bermotor pada hari libur yaitu Sabtu sehingga kegiatan seperti sekolah dan kerja tidak melintasi jala tersebut. Penyebab lainnya adalah adanya Jalan Tol Medan-Bijai sehingga sebagian kendaraan bermotor selain angkot dan sepeda motor lebih memilih Jalan Tol Medan-Binjai tersebut.

Kondisi Meteorologi di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Selain *traffic counting*, pada saat pengambilan konsentrasi PM_{10} di lokasi sampling juga dilakukan pengambilan kondisi meteorologi. Data meteorologi yang diambil adalah arah dan kecepatan angin, suhu, kelembaban dan tekanan. Hasil sampling meteorologi di ketiga lokasi sampling dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Meteorologi di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

No	Lokasi Sampling	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tekanan (mmHg)	Kecepatan Angin (m/det)	Arah Angin dari
1	Jl. SM Raja	29,8	86	758	2,10	Timur
2	Jl Pinang Baris	32,05	77	758	1,61	Utara
3	Jl Balai Kota	34,4	70,5	758	2.73	Utara

Apabila dilihat dari kondisi meteorologi saat sampling konsentrasi PM_{10} dilakukan seperti pada Tabel 1 maka parameter suhu rata-rata berkisar dari 29,8°C – 34,4°C, kelembaban berkisar dari 70,5 % - 86%. Menurut Assabraini dkk (2013) bahwa suhu udara mempengaruhi konsentrasi PM_{10} . Suhu udara yang tinggi membuat densitas udara di dekat permukaan bumi menjadi rendah sehingga udara naik ke atas. Udara dingin di atas permukaan bumi yang densitasnya lebih tinggi akan turun menggantikan udara yang pindah dekat permukaan bumi tersebut. Intensitas matahari

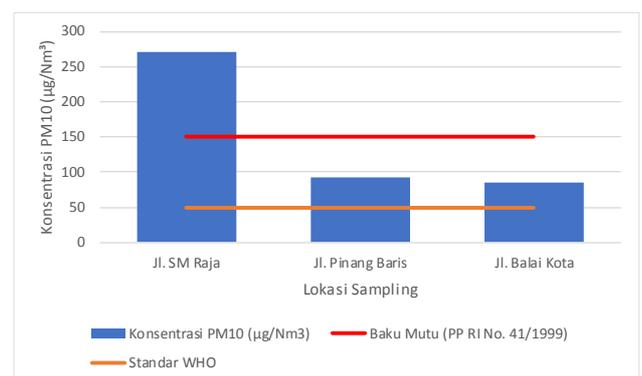
dan suhu udara yang tinggi menyebabkan kelembaban udara yang rendah artinya jumlah uap air yang di kandung udara rendah, pada saat itu penyebaran udara terjadi lebih cepat karena udara dapat bergerak tanpa terhambat oleh uap air, akibatnya bahan pencemar di udara seperti partikulat akan menjadi lebih ringan dan dapat terbawa angin dan tidak memiliki waktu untuk terkumpul dan zat pencemar itu akan terdistribusi merata sehingga konsentrasi PM_{10} menjadi rendah.

Sementara itu untuk kecepatan angin di lokasi sampling berkisar dari 1,61 m/det – 2,73 m/det. Kecepatan angin akan mempengaruhi jarak pendispersian polutan. Semakin besar nilai kecepatan angin maka akan semakin jauh polutan tersebar dari sumbernya. Hal ini sejalan dengan penelitian Cahyadi dkk (2016) yang menyatakan musim kemarau menyebabkan polutan lebih kering dan ringan sehingga lebih mudah diterbangkan oleh angin.

Kondisi meteorologi saat sampling (pertengahan Mei) termasuk musim peralihan dimana masih terjadi hujan. Hal ini bisa dilihat dari kelembaban yang cukup tinggi dan kecepatan angin yang tidak terlalu besar sehingga konsentrasi PM_{10} yang tertangkap oleh kertas filter menjadi lebih besar.

Konsentrasi PM_{10} di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Pengukuran konsentrasi PM_{10} dilakukan di 3 (tiga) lokasi sampling yaitu Jl. SM Raja, Jl. Pinang Baris dan Jl. Balai Kota. Pemilihan ketiga titik sampling ini dengan mempertimbangkan bahwa titik-titik tersebut mewakili daerah lalu lintas terpadat dimana Jl. SM Raja merupakan jalan lalu lintas antar provinsi, Jl. Pinang Baris mewakili daerah yang memiliki terminal dan Jl. Balai Kota merupakan area pusat pemerintahan Kota Medan. Hasil sampling konsentrasi PM_{10} untuk ketiga lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konsentrasi PM_{10} di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi PM_{10} pada Jl. SM Raja ($271,51 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) sudah melebihi baku mutu udara ambien dalam PP RI No. 41 tahun 1999 ($150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Sementara apabila dibandingkan dengan standar WHO ($50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), ketiga titik sampling sudah melebihi standar WHO.

Konsentrasi PM_{10} yang tinggi di Jl. SM Raja berbanding lurus dengan sumber pencemar pada titik tersebut dimana jumlah

kendaraan terbanyak berada pada jalan tersebut. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suryati, dkk (2017) dimana konsentrasi PM_{10} tertinggi yang bersumber dari aktivitas transportasi berada pada Jl. SM Raja. Adanya nilai konsentrasi PM_{10} di udara ambien sudah menunjukkan terjadinya penurunan kualitas udara ambien.

Secara umum dampak kesehatan dari konsentrasi PM_{10} adalah gangguan pada sistem kardiovaskular, gangguan pernapasan, serta kematian. WHO melaporkan bahwa di seluruh dunia diperkirakan PM_{10} menyebabkan sekitar 16% kematian akibat kanker paru-paru, 11% kematian akibat penyakit paru obstruktif kronis, dan lebih dari 20% akibat penyakit jantung iskemik dan stroke (Mursinto, 2016).

Konsentrasi Logam Berat (As, Cd, Cr, Hg dan Pb) di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Karakterisasi logam berat yang ada dalam PM_{10} dilakukan dengan menggunakan alat *Inductively Couple Plasma Atomic Emission Spectrometry* (ICP-AES). Karakterisasi logam berat pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Udara Universitas Andalas, Padang.

Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), Khromium (Cr) dan Nikel (Ni). Logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh suatu organisme, dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Fardiaz, 1992). Pada penelitian ini yang akan dibahas adalah beberapa logam berat bersifat karsinogenik yang ada di lokasi penelitian (Jl SM Raja, Jl. Pinang Baris, Jl. Balai Kota).

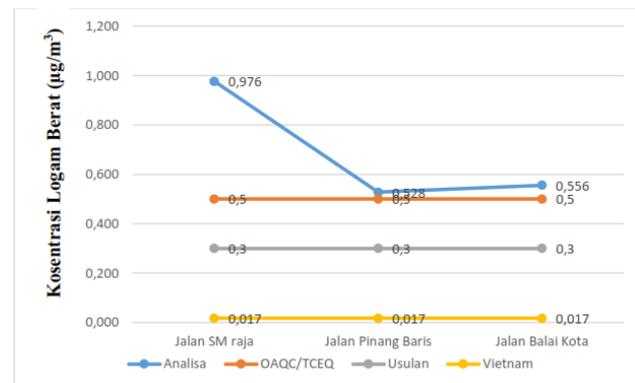
Hasil analisa logam berat dibandingkan dengan baku mutu beberapa negara di dunia seperti negara Ontario, Vietnam, India dan usulan hasil penelitian dari PUSARPEDAL tahun 2014. Perbandingan ini dilakukan dengan beberapa negara di dunia mengingat di Indonesia belum ada regulasi terkait besaran atau ambang batas baku mutu untuk logam berat.

Konsentrasi Arsen (As) dalam PM_{10} di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Apabila dibandingkan hasil konsentrasi arsen dalam PM_{10} di beberapa ruas jalan Kota Medan maka diperoleh hasil melebihi baku mutu logam berat di beberapa negara seperti terlihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa hasil konsentrasi logam berat As di semua lokasi sampling (Jl. SM Raja, Jl. Pinang Baris dan Jl. Balai Kota) sudah melebihi baku mutu dari *Ontario Ministry Environment Ambient Air Quality Criteria /Texas Commission on Environment Quality* (OAQC/TCEQ) dengan batas maksimal As di udara ambien adalah $0,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara itu jika dibandingkan dengan baku mutu As di udara ambien yang ditetapkan oleh Vietnam ($0,017 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) juga sudah melebihi. PUSARPEDAL melakukan penelitian dan mengajukan usulan batas maksimal

As ($0,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) maka dari hasil sampling di lokasi penelitian juga sudah melebihi baku mutu tersebut.



Gambar 4. Perbandingan Konsentrasi Arsen dengan Beberapa Baku Mutu

Sumber daya alam yang digunakan oleh manusia pasti melepas arsenik ke udara, air dan tanah. Sumber antropogenik, seperti industri peleburan logam, pemakaian pupuk dan pestisida serta pembakaran bahan bakar fosil, merupakan sumber terbanyak dalam pelepasan arsenik ke lingkungan mencapai nilai tiga kali lipat dibanding sumber alamiah (Budiyanto, 2011).

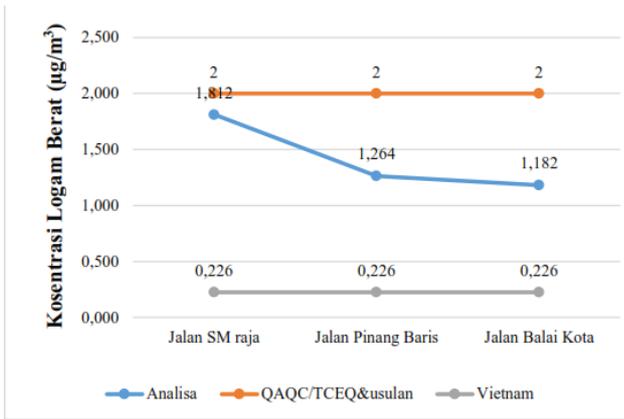
Arsen masuk kedalam tubuh melalui perantara oral dari makanan atau minuman yang terkontaminasi As, dan lewat pernafasan yang berasal dari debu atau asap, kontak dengan kulit, kontak dengan mata. Kebanyakan kasus keracunan akut dan kronik disebabkan oleh Arsen trioksida. Arsen juga potensial bersifat karsinogenik.

Gejala akibat keracunan arsen diawali dengan sakit kepala kebingungan, diare, mengantuk dan bila keracunan berkembang dapat mengakibatkan konvulsi (gangguan hebat) dan perubahan pigmentasi kuku-kuku jari yang dikenal leukonychia striata (Tüzün & Karakus, 2009 dalam Sembel, 2015).

Konsentrasi Cadmium (Cd) dalam PM_{10} di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Gambar 5 menunjukkan bahwa konsentrasi Cd dari hasil pengukuran ($1,182 - 1,812 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) berada dibawah baku mutu logam OAQC/TCEQ dan usulan PUSARPEDAL ($2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Apabila dibandingkan dengan baku mutu Cd di Vietnam ($0,226 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) maka konsentrasi Cd di beberapa ruas jalan Kota Medan sudah melebihi baku mutu Vietnam tersebut.

Konsentrasi Cd tertinggi terjadi di Jalan SM Raja sebesar $1,182 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sumber Cd pada lokasi ini dapat berasal dari sumber natural dan antropogenik. Sumber natural berupa Cd yang terpapar di tanah sehingga apabila ada angin maka partikulat/debu dari tanah akan terangkat ke atas dan ditangkap oleh alat HVAS. Sumber antropogenik dari Cd biasanya dari industri pelapisan logam, pembakaran sampah dan asap rokok. Apabila dilihat di sekitar lokasi sampling sumber antropogenik berasal dari asap kendaraan.

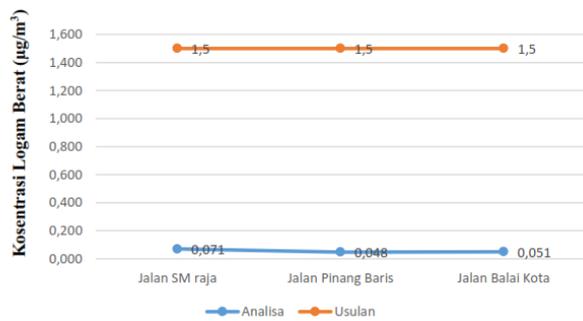


Gambar 5. Perbandingan Konsentrasi Kadmium (Cd) dengan Beberapa Baku Mutu

Kadmium dapat terakumulasi dalam di tubuh manusia serta baru dapat keluar dari dalam tubuh, tetapi dengan waktu tunggu berkisar antara 20-30 tahun lamanya. Efek dalam tubuh pun beragam, mulai dari hipertensi sampai kanker (Watts, 1997 dalam Istarani, 2014).

Konsentrasi Kromium (Cr) dalam PM₁₀ di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi kromium (Cr) dari hasil pengukuran berada dibawah baku mutu usulan PUSARPEDAL yaitu 1,5 µg/Nm³. Konsentrasi Cr dilokasi penelitian berkisar 0,048-0,071 µg/Nm³.



Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi Cromium (Cr) dengan Beberapa Baku Mutu

Rendahnya konsentrasi Cr dilokasi penelitian karena sifat dari logam Cr yang tidak mudah teroksidasi di udara (Sax, 1987). Sumber antropogenik Cr berasal dari industri, sementara sumber dominan di lokasi sampling adalah lalu lintas kendaraan. Cr bersifat toksik, sifat ini yang dapat menyebabkan keracunan kronis, akut bahkan dapat menyebabkan kanker (Palar, 1994).

Konsentrasi Merkuri (Hg) dalam PM₁₀ di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Berdasarkan Gambar 7 bahwa konsentrasi merkuri dari hasil pengukuran berada dibawah baku mutu logam berat OAQC/TCEQ yaitu 2 µg/Nm³. Apabila dibandingkan dengan baku mutu merkuri di Vietnam (0,3 µg/Nm³) dan usulan PUSARPEDAL (0,5 µg/Nm³) maka kosentration Hg di Jalan

SM Raja sebesar 0,54 µg/Nm³ sudah melebihi baku mutu usulan PUSARPEDAL dan Vietnam.



Gambar 7. Perbandingan Konsentrasi Merkuri (Hg) dengan Beberapa Baku Mutu

Risiko pemaparan merkuri pada masyarakat dapat berasal dari pencemaran yang terjadi pada badan air, tanah, udara bahkan rantai makanan seperti beras, ikan, dan makanan lainnya. Sumber pajanan merkuri dapat berasal dari alam, baik sumber primer (aktivitas gunung berapi, geothermal, dan tanah yang kaya akan merkuri) maupun sumber sekunder (re-emisi merkuri yang telah terdeposit sebelumnya di tanah, air, maupun tanaman akibat perubahan penggunaan lahan) serta akibat aktivitas manusia (antropogenik). Namun demikian sumber pajanan yang paling menimbulkan pencemaran secara masif adalah akibat antropogenik dalam berbagai usaha manusia (MenKes, 2016).

Dampak dari logam berat merkuri jika menghirup uap merkuri dapat mengakibatkan korosif bronkitis akut pneumonitis dan memengaruhi pusat persarafan dengan gejala tremot, sedangkan merkuri biklorida yang dikenal dengan garam anorganik merkuri dapat mengakibatkan perut kram, pendarahan, diare berdarah dan kerusakan sistem pencernaan makanan (Goyer, 1986).

Konsentrasi Timbal (Pb) dalam PM₁₀ di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan

Konsentrasi Timbal (Pb) dalam PM₁₀ di beberapa ruas jalan Kota Medan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Konsentrasi Timbal (Pb) dengan Beberapa Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 8 terlihat bahwa hasil sampling konsentrasi logam berat Pb dalam PM₁₀ masih berada dibawah beberapa baku mutu yang menjadi acuan. Rendahnya nilai Pb

pada lokasi sampling karena sejak tahun 2006 sudah dilaksanakan penggunaan bensin tanpa timbal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Raj (2014) yang menguji kadar timbal dalam premium dan pertamax di 2 (dua) SPBU Kota Medan menunjukkan bahwa kadar logam timbal pada premium berkisar $0,0117 \pm 0,0000$ g/l dan pertamax berkisar $0,0088 \pm 0,0000$ g/L. Kandungan logam timbal dalam sampel masih memenuhi persyaratan kualitas bahan bakar minyak (BBM).

Kualitas bahan bakar yang dipasarkan di Indonesia sudah menunjukkan perbaikan. Pada tahun 2006 dari 20 kota yang ditemukan bahan bakar bensin masih mengandung Pb dengan nilai rata-rata 0,038 gr/l, sedangkan tahun 2007 dari 30 kota ditemukan nilai rata-rata 0,0068 gr/l. Dari 30 kota yang dipantau, 10 kota kandungan timbal-nya sudah tidak terdeteksi atau *unleaded* gasoline (Gusnita, 2012).

Korelasi Jumlah Kendaraan dengan Konsentrasi Logam Berat

Korelasi dilakukan untuk menentukan hubungan sumber pencemar berupa jumlah kendaraan dengan kandungan logam berat (As, Cd, Cr, Hg dan Pb) dalam PM_{10} . Selanjutnya dengan uji korelasi ini dapat diketahui besar kecilnya pengaruh jumlah kendaraan terhadap kandungan logam berat dalam PM_{10} sehingga dapat ditentukan tingkat signifikansinya. Hasil uji korelasi antara jumlah kendaraan dengan kandungan logam berat (As, Cd, Cr, Hg dan Pb) dalam PM_{10} seperti disimpulkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Jumlah Kendaraan dengan Kandungan Logam Berat (As, Cd, Cr, Hg dan Pb) dalam PM_{10}

No.	Jenis Logam Berat	Nilai Korelasi (R)	Tingkat Hubungan
1	As	0,378	Korelasi Cukup
2	Cd	0,276	Korelasi Cukup
3	Cr	0,320	Korelasi Cukup
4	Hg	0,516	Korelasi Kuat
5	Pb	0,392	Korelasi Cukup

Pada Tabel 3 terlihat nilai korelasi antara jumlah kendaraan dengan logam berat adalah korelasi positif. Jika koefisien korelasi positif maka kedua variabel mempunyai hubungan yang searah. Artinya apabila jumlah kendaraan meningkat maka kandungan logam berat (As, Cr, Cd, Hg dan Pb) juga meningkat.

Meskipun ada hubungan yang searah, nilai koefisien korelasinya menunjukkan nilai dari 0,276 – 0,516 yang menyakatkan kekuatan hubungan antara jumlah kendaraan dengan kandungan logam berat dalam PM_{10} berkorelasi cukup sampai kuat. Hal ini menunjukkan bahwa untuk parameter Hg, peningkatan jumlah kendaraan mempengaruhi peningkatan konsentrasi Hg di udara ambien. Sementara itu, untuk parameter As, Cd, Cr dan Pb terlihat korelasinya cukup yang berarti bahwa keberadaan logam berat tersebut tidak hanya berasal dari kendaraan bermotor.

Adanya korelasi kuat antara jumlah kendaraan dengan konsentrasi Hg dalam PM_{10} di udara ambien karena

keberadaan merkuri di lingkungan terdapat pada sumber transportasi dan industri yang bersumber pada batu arang dan baterai (Leinawati dkk, 2013).

4. KESIMPULAN

Konsentrasi kadmium (Cd) di 3 (tiga) lokasi *sampling* berkisar antara 1,112 – 2,049 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi merkuri (Hg) dari hasil pengukuran di 3 (tiga) lokasi *sampling* berkisar antara 0,322 – 0,599 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi timbal (Pb) dari hasil pengukuran di 3 (tiga) lokasi *sampling* berkisar 0,254 – 0,356 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi kromium (Cr) dilokasi penelitian berkisar 0,045-0,085 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi arsen (As) dari hasil pengukuran di 3 (tiga) lokasi *sampling* berkisar antara 0,322 – 1,016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Korelasi antara karakteristik logam berat dalam *particulate matter 10 mikron* (PM_{10}) dengan jumlah kendaraan bermotor diperoleh yang memiliki korelasi kuat yaitu merkuri (Hg) artinya semakin banyak jumlah kendaraan yang melintas di ruas jalan maka semakin tinggi konsentrasi logam berat Hg pada daerah tersebut. Sedangkan logam berat seperti arsen (As), timbal (Pb), kromium (Cr), dan kadmium (Cd) memiliki korelasi lemah yang artinya bahwa keberadaan logam berat tersebut dilokasi *sampling* tidak hanya berasal dari kendaraan.

REFERENSI

- Assabraini, Sugianto, Ryied Syech. (2013). Konsentrasi *Particulate Matter* dan Faktor Yang Mempengaruhi Keadaan Udara di Kota Madya Pekanbaru Menggunakan *Ambient Dust Analyzer*. Jurnal Universitas Riau.
- Badan Pusat Statistik Kota Medan. (2017). Medan dalam Angka 2017.
- Budiyanto, Fitri. (2011). Arsenik dan Senyawa Arsenik: Sumber, Toksisitas dan Sifat di Alam. *Oseana XXXVI* (4), 23 -30.
- Cahyadi, Wiji, Basir Achmad, Eko Suhartono, Fakhur Razic. (2016). Pengaruh Faktor Meteorologis Dan Konsentrasi Partikulat (PM_{10}) Terhadap Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Studi Kasus Kecamatan Banjarbaru Selatan, ahyadi, Kota Banjarbaru Tahun 2014-2015). *EnviroScientee* 12 (3).
- Fardiaz, Srikandi. (1992). Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Goembira, Fajar. (2006). Analisis Konsentrasi Dan Komposisi Partikulat (TSP, PM_{10} , dan $PM_{2,5}$) di Udara Ambien Kampus Universitas Andalas Limau Manis dan Sekitarnya. Artikel Ilmiah Dosen Muda Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang.
- Goyer, R.A. (1986). Toxic Effects of Metals. pp582-635. In; Toxicology. The Basic of Science of Topics in Organometallic Chemistry 32, 1-20
- Gusnita, Dessy. (2012). Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal. *Berita Dirgantara* 13 (3), 95 – 101.

- Istarani, Fetry, E.S. Pandebesie. (2014). Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits* 3 (1), 53-58.
- Leinawati, Tuning, Juli Soemirat, Mila Dirgawati. (2013). Studi Identifikasi Karakteristik Anorganik PM₁₀ Terhadap Mortalitas Dan Morbiditas Di Udara Ambien Pada Kawasan Permukiman. *Jurnal Institut Teknologi Nasional* 1 (1).
- Menteri Kesehatan RI. (2016). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2016 Tentang Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri Tahun 2016-2020. Jakarta.
- Mukhtar, Rita, H. Wahyudi, E. Hamonangan, S Lahtiani, M Santoso, D.D. Lestiani. S. Kurniawati. (2013). Kandungan Logam Berat pada Beberapa Kota di Indonesia. *Ecolab* 7 (2), 49 – 59.
- Muranszky, Gabor, Mihaly Ovari, Istvan Virag, Peter Csiba, Roland Dobai, Gyula Zaray. (2011). Chemical Characterization of PM₁₀ Fractions Of Urban Aerosol. *Microchemical Journal* 98, 1-10.
- Murillo J H, Susana Rodriguez roman, Jose Felix R M, Arturo C R, Salvador B J. (2013). Chemical characterization and source apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in the metropolitan area of Costa Rica, Central America. *Atmospheric Pollution Research* 4.
- Mursinto, Djoko, Deni Kusumawardani. (2016). Estimasi Dampak Ekonomi Dari Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* : ISSN 1858-1196
- Mursinto, Djoko, Deni Kusumawardani. (2016). Estimasi Dampak Ekonomi Dari Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* : ISSN 1858-1196
- Palar. (1994). Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat Berat, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Putri, Yuliani Nidya. (2016). Analisis Pengaruh Beban Emisi CO dan NO₂ dari Kendaraan Bermotor terhadap Kualitas Udara Ambien Roadside. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Sumatera Utara.
- Radytia, Jevon. (2011). Pengaruh Volume Kendaraan terhadap Konsentrasi Pencemar NO_x pada Udara Ambien di Pintu Tol (Studi Kasus: Pintu Tol Cililitan 2). Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia, Depok.
- Raj, Suman. (2014). Studi Perbandingan Kadar Timbal (Pb) pada Bensin Berupa Premium dan Pertamina secara Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry (ICP/OES). Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara
- Sax, N., and Lewis,R.J. (1987). *Condensed of Chemical Dictionary*, 41th edition van Nostrand Reenhold Company, New York.
- Schiliro, T., S.Bonetta, L.Alessandria, V.Gianotti, E.Carraro, G.Gilli. (2015). PM₁₀ in a Background Urban Site : Chemical Characteristics and Biological Effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 39, 833-844.
- Sembel, Dantje Terno. (2015). Toksikologi Lingkungan. Yogyakarta : CV. Andi Offset.
- Soedomo, M. (2001). Pencemaran Udara. ITB. Bandung
- Suryati, Isra, Hafizhul Khair, Deni Gusrianti. (2017). Mapping Analysis of Air Quality Index from PM₁₀ Concentration in Medan City Based on Geographic Information System. *Proceeding of International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2017)*.
- US EPA. (2015). Near Roadway Air Pollution and Health: Frequently Asked Questions. Office of Transportation and Air Quality : EPA-420-F-14-044.
- Widowati., Sastiono., Jusuf., (2008). Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Andi Offset. Yogyakarta.

NOMENKLATUR

R = korelasi

X = variabel *dependent*

Y = variabel *independent*