

TINGKAT PENCEMARAN UDARA DEBU DAN TIMBAL DI LINGKUNGAN GERBANG TOL (AIR POLLUTION LEVELS OF DUST AND LEAD AT THE TOLL GATE)

G. Gunawan

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Jalan A.H. Nasution No. 264, Bandung, 40294
E-mail: gugun.gunawan@pusjatan.pu.go.id
Diterima: 15 Juni 2015; direvisi: 1 Juli 2015; disetujui: 28 Juli 2015

ABSTRAK

Lalu lintas harian ruas Tol Padaleunyi menurut Jasa Marga pada Tahun 2015 rata-rata sudah lebih dari 160 ribu, sedangkan untuk Ruas Cipularang diatas 16 ribu. Tingginya LHR disekitar ruas jalan tol Purbaleunyi tentu akan memberikan dampak ikutan, salah satunya adalah gangguan peningkatan pencemaran udara. Penanggulangan pencemaran udara dari sumber bergerak salah satunya adalah pemantauan mutu udara ambient di sekitar jalan. Dalam baku mutu udara ambient nasional parameter yang harus dipantau diantaranya adalah parameter debu (TSP) dan timbal (Pb), debu sering dijadikan indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Memperhatikan kondisi tersebut, maka dalam tulisan ini akan disampaikan karakteristik dan kondisi pencemaran udara debu dan kandungan timbal di sekitar lingkungan gerbang tol Purbaleunyi. Metode pengukuran dan evaluasi mengacu pada standar baku mutu udara ambient sesuai peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999, serta dilakukan analisis hubungan antara kandungan timbal dengan debu (total suspended particles/TSP) dengan analisis statistik sederhana. Hasil pemantauan diketahui bahwa secara umum data pengukuran selama 9 semester dari tahun 2010 s/d Tahun 2015, rata-rata tingkat polusi udara polutan TSP sudah di atas $90 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan tingkat polusi udara polutan Pb sudah di atas $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (baku mutu ambient nasional tahunan). Rentang tingkat pencemaran TSP berkisar $68,79 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ s/d $255,58 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hasil evaluasi statistik sederhana dan uji t, korelasi antara kandungan Pb sebagai variabel tetap dan kandungan TSP sebagai variabel bebas. diperoleh nilai korelasi adalah 0,6, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa hubungan kedua variabel konsentrasi TSP dan Konsentrasi Pb dalam kategori cukup kuat. Hal ini ditunjukkan dengan nilai R square yang diperoleh 36% sehingga dapat ditafsirkan bahwa variabel bebas konsentrasi polutan TSP memiliki pengaruh kontribusi sebesar 36% terhadap variabel tetap tingkat konsentrasi Pb dan 64% lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain dengan persamaan yang diperoleh adalah:
 $[Pb] = 0,689 + 0,004 [TSP] + f_{\text{faktor lain}}$

Kata kunci : Tingkat pencemaran, timbal, total suspended particles (TSP), lingkungan gerbang tol, baku mutu.

ABSTRACT

The daily traffic of Padaleunyi toll road has an average of more than 160 thousands according to Jasa Marga in the year 2015, while the Cipularang segment exceeds 16 thousands. The high average daily traffic (LHR) in Purbaleunyi toll road area certainly causes environmental impact such as the increase of air pollution. The prevention of air pollution from mobile sources is one method in monitoring the ambient air quality that have to be monitored including dust parameter (TSP) and lead (Pb), dust is often used as an indication of pollution to indicate the level of danger to environment as well to health and safety. Regarding the traffic development in relation to the air pollution of Purbaleunyi toll road, this paper presents the characteristics of dust and lead content in air pollution surrounding the Purbaleunyi toll road. The method of measurement & evaluation refers to the ambient air quality standard regulations of the Republic of Indonesia (no. 41, 1999). A simplified statistical analysis is used to analyze the relationship between lead content with dust (total solid particles/TSP). Measurement results 9 monitoring periods during the year 2010-2015, revealed an average air pollution level of TSP above $90 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ and an average air pollution level of Pb above $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (standard of annual ambient quality). The TSP pollution levels range between $68,79 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ – $255,58 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. The statistical evaluation and t test, the correlation factor between Pb content as constant variable and TSP content as free variable is 0,6. The obtained correlation factor of

0,6 can be interpreted as a strong category between two variable concentrations of TSP and Pb, this is indicated by the R-square value of 36% that can assume contribution of 36% of the free variable pollutant TSP to the constant variable Pb, while 64% is influenced by other factors, expressed in the equation $[Pb] = 0,689 + 0,004 [TSP] + f_{other}$

Keywords: Level of pollution, lead, total suspended particles (TSP), the environment of toll gate, the quality standard

PENDAHULUAN

Pertumbuhan pada sektor transportasi, yang diproyeksikan sekitar 6% sampai 8% per tahun, pada kenyataannya tahun 1999 pertumbuhan jumlah kendaraan di kota besar hampir mencapai 15% per tahun. Dengan menggunakan proyeksi 6-8%, maka penggunaan bahan bakar di Indonesia diperkirakan sebesar 2,1 kali konsumsi tahun 1990 pada tahun 1998, sebesar 4,6 kali pada tahun 2008 dan 9,0 kali pada tahun 2018 (Kusminingrum dan Gunawan 2008). Pada tahun 2020 setengah dari jumlah penduduk Indonesia akan menghadapi permasalahan pencemaran udara perkotaan, yang didominasi oleh emisi dari kendaraan bermotor. Perkiraan hasil studi Bank Dunia (The World Bank 1994) menunjukkan bahwa kendaraan di Jakarta (diperkirakan kondisi yang sama terjadi pada kota-kota besar lainnya) memberikan kontribusi pada tingkat pencemaran udara timbal 100%, *suspended particulate matter* (SPM_{10}) 42%, hidrokarbon 89%, nitrogen oksida 64% dan hampir seluruh karbon monoksida.

Peningkatan volume lalu lintas yang masuk ke ruas tol Purbaleunyi pada tahun 2014 dibandingkan dengan tahun 2013 meningkat sekitar 2,78% (Jasa Marga 2015), atau sekitar 5.602.628 kendaraan yang melalui Tol Purbaleunyi dari bulan Januari s.d. Juni 2015. Sementara ruas Cipularang dan Ruas Padaleunyi masing masing 544.496 kendaraan dan 5.058.132 kendaraan. Lalu lintas harian (LHR) pada Tahun 2014 untuk Ruas Tol Padaleunyi rata-rata sudah lebih dari 160 ribu, sedangkan untuk Ruas Cipularang di atas 16 ribu. Tingginya LHR di sekitar ruas jalan tol Purbaleunyi tentu akan memberikan dampak ikutan seperti gangguan peningkatan pencemaran udara salah satunya adalah *total suspended particulate matter* (debu/TSP) dan Timbal (Pb), yang telah diatur

dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999 (Indonesia 1999).

TSP dan Pb merupakan salah satu hasil buangan kendaraan bermotor, akan memasuki atmosfer setelah keluar dari knalpot kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin. Sekitar 85% dari Pb yang berada di udara berbentuk partikulat (TSP) dengan diameter di bawah 4μ dan $\pm 80%$ dari bentuk tersebut berdiameter kurang dari 2μ (Khan and Bederka 1974). Timbal dengan ukuran kurang dari 2μ ini akan menyebabkan tidak cepat mengendap dari udara (Baker 1961).

Gangguan TSP terhadap kesehatan diantaranya dapat mengendap dalam sel paru-paru sehingga dapat menimbulkan plek hitam pada paru-paru dan mengganggu fungsinya. Sementara itu, Pb yang terhirup merupakan racun penyerang syaraf yang dapat menyebabkan gangguan perkembangan otak pada janin anak-anak serta dapat menimbulkan dampak lanjutan seperti tekanan darah tinggi.

Dalam makalah ini, disampaikan hasil pemantauan tingkat pencemaran serta karakteristik dan kondisi pencemaran udara debu/TSP dan kandungan Timbal di sekitar lingkungan gerbang tol. Metode pengukuran dan evaluasi mengacu pada standar baku mutu udara ambient sesuai peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999 (Indonesia 1999), serta dilakukan analisis hubungan tingkat konsentrasi antara kandungan Timbal dengan debu (*total solid matter/TSP*) menggunakan analisis statistik sederhana.

KAJIAN PUSTAKA

Tingkat Pencemaran Debu Di Sekitar Ruas Jalan

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen

lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Debu adalah salah satu bahan yang sering disebut partikel yang melayang di udara (*Total Suspended Particulate Matter/TSP*) dengan ukuran < 100 mikron. Dalam kasus pencemaran udara, baik dalam maupun di luar gedung (*Indoor and Out Door Pollution*), debu sering dijadikan indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Sumber pencemaran dapat diakibatkan oleh kegiatan manusia seperti penggunaan kendaraan bermotor, kegiatan pembakaran, industri, dan lain lain (Tiraimagnet 2013).

Pencemaran udara pada dasarnya berbentuk partikel (debu, aerosol, Pb) dan gas (CO, NO_x, SO_x, H₂S, Hidrokarbon). Udara yang tercemar dengan partikel dan gas ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran, dan komposisi kimiawinya. Kandungan debu di sekitar perkotaan kota Selangor Malaysia umumnya mengandung unsur kation (Ca²⁺, K⁺ and Mg²⁺) dan logam berat (Pb, Fe, Zn, Al, Cr and Cd) serta jenis anion terlarut dalam air hujan (F⁻, Cl⁻, NO₃³⁻ dan SO₄²⁻), rata-rata debunya adalah sekitar 131.50 ± 71.95 mg/m²/hari, masih di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh kementerian lingkungan di Malaysia sekitar 133 mg/m²/hari (Fatma Omar dkk. 2012).

Hasil uji Emisi gas buang kendaraan bermotor tahun 2001 yang dilakukan di kota Bandung oleh Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD 2001) dari jumlah kendaraan sebanyak 1468 buah yang berbahan bakar bensin dan solar, adalah sbb :

- Yang berbahan bakar bensin sekitar 56% melampaui Baku Mutu yang ditetapkan
- Yang berbahan bakar solar sekitar 90% tidak memenuhi Baku Mutu yang ditetapkan

Di Indonesia, menurut hasil inventarisasi Bapedal tahun 1992, emisi kendaraan bermotor berkontribusi 44% dari jumlah partikel *TSP*, 89% dari hidrokarbon, 71% dari NO_x dan 100% Pb. Dilaporkan bahwa dari hasil pembakaran bensin setiap tahunnya menurut perkiraan emisi

buangan kendaraan bermotor sampai tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkiraan Tingkat Pencemaran TSP dan Pb dari Kendaraan Bermotor (Juta Ton)

No	Jenis parameter	1990	1998	2008	2018
1	Partikulat (<i>TSP</i>)	12.40	26.00	57.00	110.40
2	Pb	2.48	5.20	11.40	22.08

Sumber : (Coutriel dan Lubis 1994)

TSP di udara dapat terserap oleh manusia, partikel terkecil yang terhirup di kapiler paru-paru dan alveoli dapat menyebabkan efek memperlambat pertukaran oksigen dan karbon dioksida dalam darah, menyebabkan sesak napas serta dapat “mengejan” hati karena harus bekerja lebih keras untuk mengkompensasi hilangnya oksigen. Gangguan tersebut terutama terjadi pada fungsi faal dari organ tubuh seperti paru-paru dan pembuluh darah, atau menyebabkan iritasi pada mata dan kulit (Gunawan 2014).

Tingkat Pencemaran Timbal (Pb) Di Sekitar Ruas Jalan

Timbal merupakan salah satu bahan pencemar udara yang berbentuk partikulat. Baku mutu udara nasional untuk timbal, berdasarkan PP-RI No. 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara adalah sebesar 2 µg/Nm³ untuk 24 jam pengukuran (Indonesia 1999). Sedangkan standar yang ditetapkan oleh WHO untuk konsentrasi timbal di udara adalah 0,5 µg/Nm³ (Lestari 2005). Timbal dapat masuk ke dalam tubuh berupa partikulat maupun gas. Partikulat adalah benda padat atau cair yang sangat halus ukurannya dan berada di udara (termasuk asap). Umumnya berukuran di bawah 5 mikron, sehingga dapat masuk ke paru-paru. Di dalam tubuh, selain menyerang otak, timbal juga menyebabkan tubuh tak menyerap kalsium, serta merusak enzim-enzim esensial.

Timbal dipindahkan dari udara ke dalam tanah melalui presipitasi air hujan (Khan dan Bederka 1974). Hasil penelitian Olson dan Skogerboe dalam (Bowen 1979) menunjukkan bahwa Pb di dalam tanah pada umumnya dalam bentuk PbSO₄, PbCO₃ dan Pb₃(PO₄)₂, yang tidak larut di dalam tanah, sehingga sukar diserap tumbuhan (Bowen 1979). Dengan perkataan lain,

timbal yang berasal dari atmosfer yang kemudian terendapkan di dalam tanah umumnya tidak mudah larut. Timbal yang berasal dari udara terdeposit di dalam tanah pada kedalaman kurang dari 20 cm dari permukaan tanah, dan hanya 0,005% dari Pb tersebut yang larut. Sementara itu kandungan timbal dalam tanah di tepi jalan raya, semak dan tanaman akan meningkat sebanding dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas dan akan menurun karena bertambahnya jarak dari tepi jalan raya (Krisnayya and Bedi 1986) dan (Dahlan 1986). Masyarakat di kota besar yang tinggal di pinggir jalan dengan transportasi kendaraan bermotor yang padat merupakan kelompok yang rentan terhadap pencemaran timah hitam (Pb).

Pencemaran Pb terus meningkat lebih dari seribu kali lipat selama tiga abad terakhir sebagai akibat dari aktivitas manusia. Peningkatan terbesar terjadi antara tahun 1950 dan 2000 bahkan sampai 2012 masih menjadi masalah serius terutama pada negara berkembang yang masih menggunakan bahan bakar bensin bertimbal (ATSDR 2007). Kemacetan tidak hanya membuang percuma jutaan uang bensin di jalanan, akan tetapi juga mempertebal pencemaran udara akibat gas buang kendaraan bermotor (Widowati dkk. 2008). Menurut spesifikasi resmi Ditjen Migas, kandungan maksimum timbal dalam bahan bakar yang diizinkan adalah 0,45 gram per liter. Sementara, menurut ukuran internasional, ambang batas maksimum kandungan timbal adalah 0,15 gram per liter (Nuraini 2001).

Hasil penelitian Palar tahun 2008, menyampaikan bahwa pencemaran timbal sebagian besar disebabkan oleh asap kendaraan bermotor, hampir 85% pencemaran timbal pada manusia berlangsung melalui pernapasan, 14% melalui pencernaan dan sisanya 1% melalui kulit. Sebanyak 30-40% timbal yang terabsorpsi akan masuk ke dalam aliran darah lalu 95% timbal dalam darah tersebut diikat oleh eritrosit. Penelitian yang dilakukan terhadap pengaruh timbal yang masuk ke dalam tubuh manusia dan hewan membuktikan bahwa bahan tersebut ternyata tidak diurai oleh tubuh, sehingga timbal dapat merusak jaringan tubuh (KPBB 2005).

Sebuah penelitian yang dipaparkan menjelang hari Lingkungan Hidup, menyebutkan kadar timbal (timah hitam) yang terkandung

dalam darah pegawai jalan tol sudah di atas ambang batas maksimum. Mereka yang setiap harinya bekerja di gerbang jalan tol ini terpaksa menghirup asap yang disemburkan ratusan knalpot yang melintasi jalan tol. Resiko yang sama juga terdapat pada orang-orang yang pekerjaannya bersentuhan dengan jalan raya, seperti polisi lalu lintas, tukang parkir, penyapu jalanan, pengamen, pedagang asongan, dan pengemis. Karena dalam semua bahan bakar kendaraan, baik solar maupun bensin, mengandung partikel timbal alias timah hitam. Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar Pb dalam darah pada responden (polisi lalu lintas se-kota Semarang) oleh Laboratorium GAKI Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro (Suciani 2009) didapatkan kadar Pb rata-rata 13,03 µg/dL dengan simpang baku 6,24 µg/dL. Kadar Pb tertinggi 32,32 µg/dL dan terendah 4,06 µg/dL. Batas maksimal kadar Pb dalam darah menurut WHO (1995) adalah 25 µg/dL. Berdasarkan data tersebut maka 57,8% responden mempunyai kadar Pb darah sedang (10-25 µg/dL) yang masih dalam batas kriteria normal, 35,6% mempunyai kadar Pb rendah (< 10 µg/dL) dan 6,7% atau 6 responden mempunyai kadar Pb tinggi (> 25 µg/dL). Dari 6 responden yang mempunyai kadar Pb dalam darah yang tinggi, kadar timbalnya rata-rata 27,98 µg/dL.

Sementara itu hasil kajian Dahlan tahun 1986, menyimpulkan pucuk daun teh ditemukan mengandung timbal sebesar 30-144 ppm, dan lapisan tanah permukaan mengandung timbal sebesar 20-37 ppm yang berada di pinggir jalan kawasan gunung mas Puncak, Bogor. Kajian Koepe tahun 1970 menyebutkan bahwa Konsentrasi timbal ditemukan sebesar 128-700 ppm dalam tanah yang berada di pinggir jalan raya Minneapolis St. Paul. Kandungan timbal sebanyak 3000 ppm ditemukan di dalam semak semak yang diambil di persimpangan jalan raya, yang kepadatan lalu lintasnya sangat tinggi. Kandungan timbal di dalam sayuran yang diambil dari kebun dengan jarak kurang dari 15 meter dari tepi jalan raya di Canandaiguna, New York antara 10-700 ppm (Koepe and Miller 1970).

Hasil kajian yang dilakukan oleh Jasa Marga cabang Tol Padaleunyi pada tahun 2010-2014 tentang kandungan Pb dalam darah responden di sekitar Gerbang Tol Padaleunyi,

menyimpulkan rata-rata kandungan Pb adalah 14,50 µg/100ml dengan kisaran antara 7,49 dan 28,93 µg/100ml, sementara baku mutu kandungan Pb dalam darah adalah 30 µg/100ml (Gunawan 2014).

HIPOTESIS

Tingkat pencemaran debu dan Pb di sekitar Gerbang Tol sudah melebihi baku mutu udara ambient tahunan, dan terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat konsentrasi debu dengan tingkat konsentrasi Pb.

METODOLOGI

Pengukuran tingkat pencemaran *TSP* (debu) dan Pb mengacu pada PP 41 Tahun 1999, dimana metode pemantauan *TSP* dilakukan dengan metode analisis Gravimetri menggunakan alat *High Volume sampler* (Hi-Vol), sementara kandungan Timbal (Pb) dari debu dilakukan dengan metode analisis ekstraktif dan pengabuan, dengan menggunakan peralatan penentuan kandungan Pb dengan alat *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS). Pemantauan dilakukan pada ketinggian sekitar 1,5 meter, siang hari berkisar antara Jam 09.00 s/d Jam 14.00. Pengumpulan data dilakukan selama 9 semester dari Tahun 2010 sampai dengan Tahun 2015, yang setiap semester diwakili oleh satu data hasil pengukuran. Lokasi pengukuran dilakukan di sekitar Ruas Tol Padaleunyi yang mencakup 5 pintu gerbang tol, yaitu pintu gerbang tol: *Toll Gate* Cileunyi, *Toll Gate* Buah Batu, *Gate Toll* Pasirkoja, *Toll Gate* M.Toha, *Toll Gate* Padalarang dan *Toll Gate* Pasteur.

Metode statistik sederhana digunakan untuk melakukan analisis hubungan antara tingkat konsentrasi Timbal dengan tingkat konsentrasi debu untuk mengetahui persamaan sederhana dalam memprediksi secara cepat kandungan Pb dalam debu sekitar gerbang Tol atau ruas jalan.

HASIL DAN ANALISIS

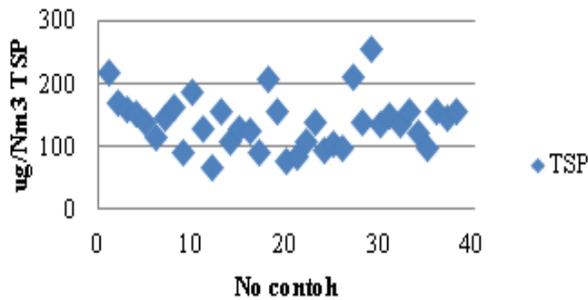
Tingkat pencemaran *TSP* dan Pb

Dalam pengukuran kandungan pencemaran *TSP* dan Pb, masing-masing dilakukan dari sampel yang sama dengan metode yang berbeda. Di mana untuk pengukuran *TSP* cukup dilakukan penimbangan dari sample hasil *Hi-Vol*. Selanjutnya dalam sampel tersebut ditentukan kandungan Pb, dengan mengambil sampel dari *TSP* dengan berat tertentu, melalui metode analisis ekstraktif dan pengabuan, serta alat *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) ditentukan kandungan Pb nya.

Hasil pengukuran tingkat pencemaran udara *TSP* dan kandungan Pb sekitar pintu gerbang Tol, dapat diketahui pada Tabel 2. Secara umum kandungan *TSP* dan Pb di sekitar gerbang Tol Padaleunyi masih di bawah baku mutu bila dilakukan evaluasi dengan standar baku mutu ambien 24 jam waktu paparan, dimana pada semester II Tahun 2010 relatif tingkat pencemaran debu dan Pb masih lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengukuran pada semester-semester selanjutnya. Bila dilakukan evaluasi dengan baku mutu tahunan, maka tingkat pencemaran udara *TSP* dan Pb sudah melebihi baku mutu standar yang telah ditetapkan oleh PP Lingkungan Hidup No 41 tahun 1999.

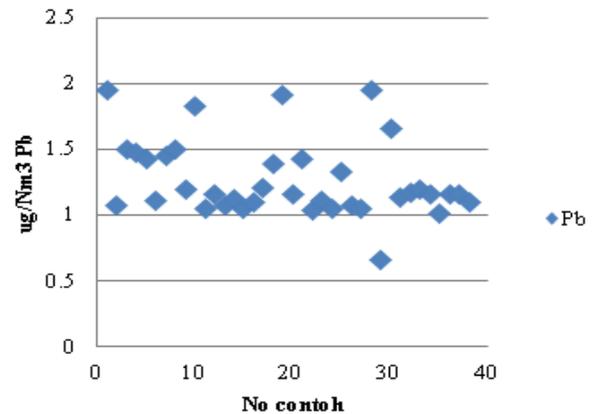
Tabel 2. Kualitas udara Kandungan Pb dan *TSP* di Sekitar Gate Tol (GT) Purbaleunyi

Parameter	Hasil Analisa									Baku Mutu
	Pb $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$									
	II 2010	I 2011	II 2011	I 2012	II 2012	I 2013	II 2013	II 2014	I 2015	
1. GT Cileunyi	1,95	1,08	1,50	1,48	1,43	1,12	1,46	1,50	1,20	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3/2$ 4jam
2. GT Buah Batu	1,84	1,06	1,16	1,08	1,13	1,06	1,10	1,21	1,40	
3. GT Pasirkoja	1,92	1,17	1,43	1,04	1,11	-	-	1,05	1,34	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3/$ Tahun
4. GT M Toha						1,08	1,06			
5. GT Padalarang	1,96	0,67	1,66	1,14	1,18	1,20	1,17	1,10	1,20	
6. GT Pasteur				1,02	1,16	1,17				
	TSP $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$									
1. GT Cileunyi	218,28	172,31	162,31	152,56	138,83	114,90	145,85	165,17	93,06	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3/$ 24 jam
2. GT. Buah Batu	187,73	131,25	68,79	157,87	108,50	107,08	129,99	124,84	92,69	
3. GT Pasirkoja	208,57	156,36	77,54	84,86	108,38			141,54	94,89	90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3/$ Tahun
4. GT M Toha						107,01	98,13			
5. GT Padalarang	213,65	140,47	255,58	136,01	149,07	135,09	155,79	124,20	98,09	
6. GT Pasteur				157,79	147,64	155,79				



Gambar 1. Tingkat pencemaran udara TSP selama 9 semester di sekitar pintu Tol

Pada Gambar 1 diketahui bahwa secara umum data pengukuran selama 9 semester dari tahun 2010 s.d. Tahun 2015, rata-rata tingkat polusi udara polutan *TSP* sudah di atas $90 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (baku mutu ambient nasional tahunan) hanya pada semester II tahun 2011, tingkat pencemaran *TSP* dibawah $90 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan itupun untuk lokasi GT Buahbatu dan GT Pasirkoja; yaitu berturut turut $68,79 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $77,54 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pada semester II tahun 2011, juga hasil pengukuran menunjukkan tingkat pencemaran *TSP* tertinggi yaitu sekitar $255,58 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ di GT Padalarang.



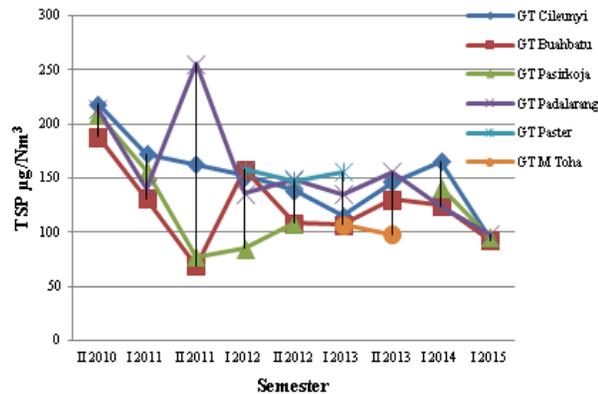
Gambar 2. Tingkat pencemaran udara Pb selama 9 semester di sekitar pintu Tol.

Tingkat polusi udara polutan Pb pada Gambar 2 menunjukkan bahwa secara umum data pengukuran selama 9 semester dari tahun 2010 s/d Tahun 2015, rata-rata tingkat polusi udara polutan Pb sudah diatas $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (baku mutu ambient nasional tahunan), hanya pada semester I tahun 2011, tingkat pencemaran Pb di bawah $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan yang tertinggi pada semester II tahun 2010 yaitu sekitar $1,96 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ terjadi di lokasi GT Padalarang.

Karakteristik tingkat polusi udara *TSP* di Gerbang Tol pada setiap semesternya dapat dilihat pada Gambar 3, yang menggambarkan fluktuasi setiap semester yang diukur pada siang

hari. Dari hasil laporan Jasa Marga cabang Tol Purbaleunyi pada tahun 2015, LHR yang melalui Gerbang Tol sekitar Ruas Padaleunyi setiap semesternya meningkat, akan tetapi apabila memperhatikan Gambar 3 diketahui bahwa kenaikannya tidak dibarengi dengan kenaikan tingkat polusi udara polutan *TSP*. Bahkan pada Hasil Pengukuran Semester I 2015, menunjukkan tingkat polusi udara yang paling rendah dibandingkan dengan semester-semester sebelumnya, dimana LHR pada semester I jauh lebih tinggi dibanding dengan semester sebelumnya.

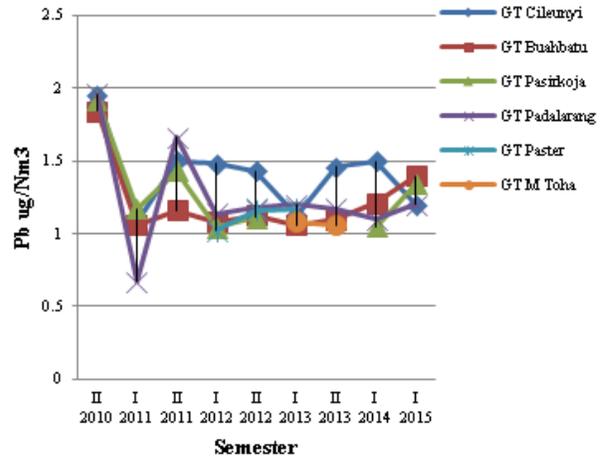
Rentang tingkat pengukuran berkisar 68,79 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 255,58 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dengan rentang terlebar-tertinggi adalah di GT Padalarang sekitar 98,09 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 255,58 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, kemudian berturut turut adalah GT Cileunyi, GT Pasirkoja, GT Buahbatu, GT Pasteur, GT M Toha, dengan rentang 93,06 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 218,28 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$; 77,54 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 208,57 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$; 68,79 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 187,73 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$; 147,64 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 157,79 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 98,13 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 107,01 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.



Gambar 3. Fluktuasi tingkat pencemaran TSP di gerbang Tol setiap semester

Sementara hasil pengukuran selama 24 jam di beberapa ruas jalan perkotaan yang dilakukan oleh Gunawan (2000), menunjukkan tingkat polusi udara partikel cukup tinggi terjadi pada selang waktu pagi dan sore hari hingga malam hari. Hal ini dikarenakan polutan partikel memiliki berat jenis yang cukup besar dibanding dengan polutan gas lain, disamping pengaruh kecepatan angin, pada pagi hari dan sore hingga malam hari kecepatan angin relatif besar

sehingga mampu untuk membawa partikel melayang di udara.



Gambar 4. Fluktuasi tingkat pencemaran Pb di gerbang Tol setiap semester

Karakteristik tingkat Polusi udara Pb di gerbang tol pada setiap semesternya dapat dilihat pada Gambar 4, yang menggambarkan fluktuasi setiap semester yang diukur pada siang hari. Peningkatan volume lalu lintas setiap semesternya relatif tidak memberikan perubahan yang signifikan, dimana relatif fluktuasinya di kisaran konsentrasi antara 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Rentang tingkat pengukuran berkisar 0,67 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,96 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dengan rentang terlebar-tertinggi adalah di GT Padalarang sekitar 0,67 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,96 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, kemudian berturut turut adalah GT Cileunyi, GT Pasirkoja, GT Buahbatu, GT Pasteur, GT M Toha, dengan rentang 1,12 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,95 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$; 1,04 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,92 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$; 1,06 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,84 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$; 1,02 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,17 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 1,06 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,08 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

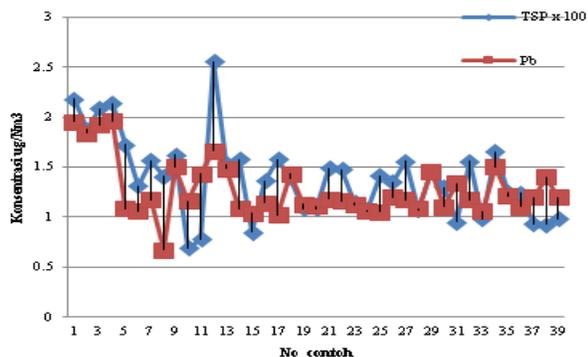
Hubungan Tingkat Polusi Udara TSP dengan Tingkat Polusi Udara Pb

Dengan metode statistik sederhana dilakukan evaluasi korelasi antara kandungan Pb sebagai variabel tetap dan kandungan *TSP* sebagai variabel bebas (Gambar 5) dengan uji regresi linier. Hasil perhitungan program SPSS, diperoleh nilai korelasi adalah 0,6, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa hubungan kedua variabel konsentrasi TSP dan Konsentrasi Pb ada

dikategori cukup kuat. Hal ini ditunjukkan dengan nilai R square yang diperoleh 36% yang dapat ditafsirkan bahwa variabel bebas konsentrasi polutan TSP memiliki pengaruh kontribusi sebesar 36% terhadap variabel tetap tingkat konsentarsi Pb dan 64% lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti faktor meteorologi dan lain lain..

Untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikatnya, maka dilakukan uji t. Hasil uji menunjukkan t_{hitung} (5.189) > t_{tabel} (2.024), maka model persamaan regresi berdasarkan data kajian adalah signifikan artinya model persamaan regresi memenuhi kriteria linieritas. Berdasarkan hasil statistik sederhana diperoleh persamaan adalah:

$$[Pb] = 0,689 + 0,004 [TSP] + f_{faktor\ lain}$$



Gambar 5. Fluktuasi konsentarsi polutan TSP (x100) dan Pb

PEMBAHASAN

Dalam pasal 31 PP RI no 41 Th 1999 (Indonesia 1999), Penanggulangan pencemaran udara dari sumber bergerak salah satunya adalah melakukan pengawasan terhadap pemantauan mutu udara ambient di sekitar lingkungan jalan. Hasil pemantauan selama sembilan semester dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2015, tingkat pencemaran debu (TSP) dan Pb sudah melebihi baku mutu ambient nasional bila mengacu pada baku mutu tahunan 90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (TSP) dan 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Pb), akan tetapi bila mengacu pada baku mutu ambient harian masih di bawah baku mutu, yaitu untuk TSP dan Pb masing-masing 230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara standar yang ditetapkan WHO untuk konsentrasi Pb di udara adalah 0,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Lestari 2005). Meskipun

demikian, dari hasil pengukuran 9 kali yang dilakukan pada setiap semester yang berbeda tentu hal ini harus menjadi perhatian, mengingat rata-rata pengukuran selama 9 kali yang mewakili setiap semesternya cenderung tingkat pencemaran udara debu dan Pb melebihi baku mutu ambient tahunan untuk debu dan Pb. Bila memperhatikan pasal 21 PP No 41 1999 disebutkan bahwa setiap orang yang melakukan usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dan/atau gangguan ke udara ambient wajib mentaati baku mutu udara ambient, melakukan pencegahan dan memberikan informasi yang benar dan akurat kepada masyarakat. Dengan dasar tersebut maka pengelola tol wajib melakukan pengelolaan pencemaran udara di sekitar lingkungan pintu gerbang tol.

Peningkatan volume kendaraan yang melalui gerbang tol di ruas Padaleunyi pada tahun 2014 adalah 2,78% dibandingkan Tahun 2013, dan secara umum setiap semesternya volume kendaraan yang melalui jalan tol meningkat, akan tetapi kenaikan ini tidak dibarengi dengan kenaikan tingkat pencemaran udara yang signifikan (linier), terbukti dari Gambar 3 dan Gambar 4. Peningkatan Volume lalu lintas setiap semesternya relatif tidak memberikan perubahan yang signifikan, dimana relatif fluktuasinya di kisaran konsentrasi antara 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ s/d 1,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk tingkat pencemaran Pb, begitu juga untuk tingkat pencemaran debu hasilnya sangat fluktuatif. Hal ini diduga ada beberapa aspek lain yang berpengaruh di samping aspek jumlah kendaraan, seperti jenis kendaraan atau jenis bahan bakar yang digunakan, arah dan kecepatan angin serta kelembaban udara yang dapat mempengaruhi pergerakan partikel di udara. Dugaan tersebut sesuai hasil pengukuran selama 24 jam di beberapa ruas jalan perkotaan yang dilakukan oleh Gunawan tahun 2000, menunjukkan tingkat polusi udara partikel cukup tinggi terjadi pada selang waktu pagi dan sore hari hingga malam hari, hal ini dikarenakan polutan partikel memiliki berat jenis yang cukup besar dibandingkan dengan polutan gas lain, di samping pengaruh kecepatan angin, pada pagi hari dan sore hingga malam hari kecepatan angin relatif besar sehingga mampu untuk membawa partikel melayang di udara.

Dari hasil kajian secara statistik sederhana hubungan tingkat konsentrasi antara Pb dan debu (Gambar 5), memberikan gambaran korelasi cukup signifikan. Informasi ini cukup penting untuk para pengelola lingkungan di bidang pencemaran udara dalam melakukan prediksi secara cepat kandungan Pb dari debu di sekitar ruas jalan. Dimana nilai korelasi 60%, dan hasil uji *R square* yang diketahui untuk memperkirakan kandungan Pb dari kandungan TSP hanya berpengaruh sekitar 36% dan 64% akibat faktor lainnya. Faktor-faktor lain yang diperkirakan berpengaruh terhadap konsentrasi kandungan Pb menurut hasil kajian yang pernah dilakukan terkait pencemaran udara, diantaranya adalah:

1. Hasil kajian yang dilakukan oleh BPLHD Kota Bandung 1992, memberikan gambaran perbedaan tingkat emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan yang diuji, dimana untuk kendaraan bahan bakar bensin 56% dan solar sekitar 90% emisi yang dikeluarkan sudah melebihi baku mutu.
2. Jumlah dan jenis kendaraan serta kepadatan kendaraan berpengaruh terhadap tingkat pencemaran (Krisnaya and Bedi 1986; Dahlan 1986).
3. Hasil kajian yang dilakukan Gunawan tahun 2000, menyimpulkan parameter yang berpengaruh terhadap tingkat polusi udara di ruas jalan dengan waktu pengukuran 1 hari, hanya parameter volume lalu lintas yang berpengaruh secara signifikan. Sementara untuk pengukuran 10 jam, parameter yang berpengaruh secara signifikan adalah gas hidrokarbon, energi matahari dan volume lalu lintas dengan R^2 adalah 0,7584.

Dari kajian tersebut dapat diperkirakan faktor lain yang berpengaruh terhadap konsentrasi kandungan Pb adalah tingkat emisi kendaraan, jumlah dan jenis kendaraan serta faktor cuaca mikro yang terjadi pada saat dilakukan pengukuran disamping aspek reaksi kimia di udara dengan atau tanpa bantuan energi matahari.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Rentang tingkat konsentrasi polutan *TSP* selama 9 semester berkisar 68,79 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 255,58 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara Pb konsentrasi antara 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai dengan 1,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Apabila mengacu pada baku mutu ambien harian masih dibawah baku mutu yaitu untuk *TSP* dan Pb baku mutu hariannya masing-masing 230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (PP 41/1999), tetapi bila mengacu pada baku mutu tahunan, yaitu 90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (*TSP*) dan 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Pb), maka tingkat pencemaran *TSP* dan Pb sudah melebihi baku mutu nasional tahunan.

Hasil perhitungan nilai korelasi adalah 0,6, menunjukkan hubungan kedua variabel *TSP* dan Pb cukup kuat dengan nilai *R square* yang diperoleh 36%. Yang dapat ditafsirkan bahwa variabel bebas konsentrasi polutan *TSP* memiliki pengaruh kontribusi sebesar 36%, terhadap variabel tetap tingkat konsentrasi Pb dan 64% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain.

Berdasarkan hasil statistik sederhana dan uji t diperoleh persamaan adalah:

$$[\text{Pb}] = 0,689 + 0,004 [\text{TSP}] + f_{\text{faktor lain}}$$

Saran

Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai cara penilaian secara cepat kualitas lingkungan di Jalan Tol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Pengelola Jalan Tol Purbaleunyi atas kerjasamanya sehingga tulisan ini dapat tersusun.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. *Toxicological Profile for Lead*. New York: US Department of Health and Human Services.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kota Bandung (BPLHD). 2001. *Laporan Uji Emisi Kendaraan Bermotor*. Bandung: BPLHD.
- Baker. 1961. *Air Pollution*. Geneva: World Health Organization.

- Bowen, H.J.M. 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. London: Academic Press.
- Coutriel, P.L and Lubis, S.M. 1994. "Air Quality Monitoring and Strategy in Indonesia". *Jurnal Lemigas*.
- Dahlan, E.N. 1986. "Pencemaran Daun Teh oleh Timbal sebagai akibat emisi kendaraan bermotor di Gunung Mas". *Kongres Ilmu Pengetahuan nasional LIPI ke-4* . Puncak: LIPI.
- Fatma Omran M. et.al. 2012. "Compositions of Dust Fall around Semi-Urban Areas in Malaysia". *Aerosol and Air Quality Research*. 12: 629–642.
- Gunawan G. 2000. Monitoring Polusi Udara dan Pengaruh Tingkat No_x , Hidrokarbon dan Faktor Lingkungan terhadap Ozon di Perkotaan, Master Thesis, ITB.
- 2014. "Pengaruh Lalu Lintas pada Kandungan Timbal (Pb) Dalam Tubuh Manusia". *Jurnal Transportasi*, Volume 01 No.1, hal. 47-55.
- Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup. 1999. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999. *Tentang Pengendalian Pencemaran Udara*, Jakarta: KLH.
- Jasa Marga. 2015. *Laporan Evaluasi Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) Tol Purbaleunyi*. Bandung: Jasa Marga.
- Khan, M.A.Q and Bederka, J.P., 1974. *Survival in Toxic Environments*. New York: Academic Press.
- KPBB. 2005. *Dampak Pemakaian Bensin Bertimbal dan Kesehatan*, (Online), (<http://www.kpbb.org/pdf>, (diakses 24 September 2011).
- Koepe, D.E. and Miller, R.J. 1970. "Lead effect on Corn Mitochondrial Respiration Science", *Science-PubMed*.Vol. 167:1376-1378.
- Krisnayya, N.S.R. and Bedi, S.J. 1986. "An Effect of Automobile Lead Pollution on Cassiatora and C. Occidentalis". *Environ. Pollut.*. Vol.40:221-226.
- Kusminingrum, Nanny dan G.Gunawan . 2008. "Polusi Udara akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa Bali". *Jurnal Jalan-Jembatan*, Vol 25, No 3, hal.314-326.
- Lestari, P. 2005. "Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Kadar Timbal Dalam Darah Anak-Anak Sekolah Dasar di Kota Bandung". *Journal Indonesian Lead Information Center*, (Online), (<http://www.hamline.edu/apakabar/basisdata/2011/17/02>, diakses 10 Oktober 2011).
- Nuraini, Santi Devi. 2001. *Pencemaran Udara oleh Timbal (Pb) serta Penanggulangannya*. Medan: Fakultas Kedokteran , Universitas Sumatra Utara.
- Suciani, Sri. 2009. *Kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas dan hubungan dengan kadar hemoglobin*. Semarang: Laboratorium GAKI Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- The World Bank. 1994. *Indonesia Environment and Development*. Washington DC.: World Bank.
- Tiraimagnet. 2013. *Bahaya Debu Bagi Kesehatan*. tiraimagnetmurah.com/bahaya-debu-bagi-kesehatan/.
- Widowati, dkk.2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta : Andi