

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Kandungan Pb Tanah Sawah pada Berbagai Tingkat Kepadatan

#### Kendaraan Bermotor

Kepadatan kendaraan bermotor diduga menjadi salah satu faktor penyebab akumulasi logam berat Pb di dalam tanah. Di dalam kendaraan bermotor, Pb yang digunakan dalam bahan bakar berupa *tetraethyl lead* atau TEL ((CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>Pb). TEL merupakan senyawa aditif dalam proses produksi bahan bakar bensin yakni untuk meningkatkan nilai oktan sekaligus berfungsi sebagai *antiknocking* untuk mencegah terjadinya ledakan saat berlangsungnya pembakaran, oleh karena itu sebagai hasil pembakaran bukan hanya CO<sub>2</sub> saja yang terlepas ke udara namun juga partikel Pb. Pb yang telah terlepas ke udara mampu disebarkan hingga jarak yang cukup jauh oleh angin, namun secara alami oleh adanya gaya gravitasi Pb akan turun ke permukaan tanah.

Hasil pengukuran kepadatan kendaraan bermotor pada dua lokasi penelitian disajikan pada Tabel 9.

Tabel 1. Kepadatan Kendaraan Bermotor di Kabupaten Blitar dan Ngawi

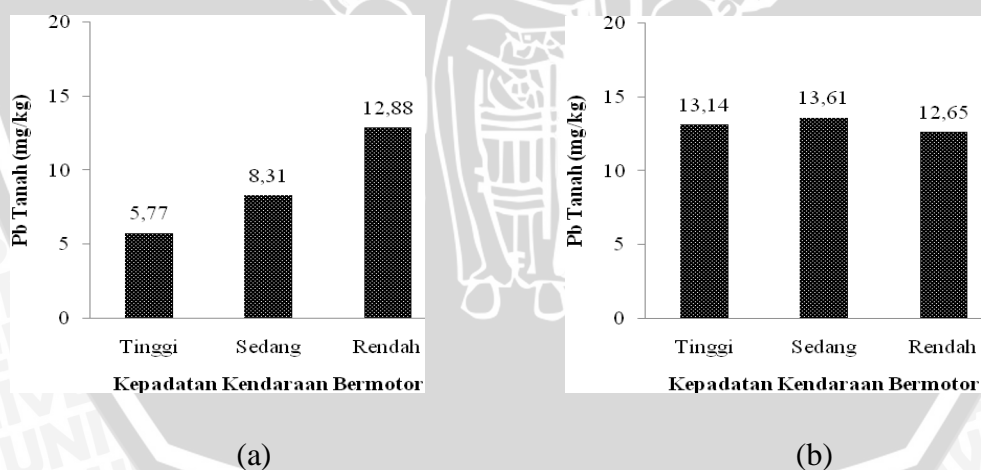
| Lokasi | Kecamatan | Kepadatan Kendaraan Bermotor (per menit) | Jenis Kendaraan Bermotor (unit) |      |       |              |
|--------|-----------|--|---------------------------------|------|-------|--------------|
|        |           |  | Bis                             | Truk | Mobil | Sepeda Motor |
| Blitar | Wlingi    | Tinggi                                   | 4                               | 8    | 17    | 49           |
|        | Kesamben  | Sedang                                   | 0                               | 2    | 6     | 15           |
|        | Doko      | Rendah                                   | 0                               | 0    | 1     | 6            |
| Ngawi  | Padas     | Tinggi                                   | 5                               | 10   | 16    | 53           |
|        | Padas     | Sedang                                   | 0                               | 2    | 6     | 21           |
|        | Pangkur   | Rendah                                   | 0                               | 0    | 3     | 9            |

Jalur kendaraan di Kabupaten Blitar merupakan Jalan Lintas Selatan Jawa Timur. Kondisi tersebut menyebabkan tingkat kepadatan kendaraan bermotor di jalur ini cukup tinggi. Di lokasi penelitian ini jumlah kendaraan bermotor yang melintas rata-rata per menit pada jalan dengan tingkat kepadatan tinggi yaitu 78 unit, meliputi 4 unit bis, 8 unit truk, 17 unit mobil, dan 49 unit sepeda motor. Pada tingkat kepadatan sedang jumlah kendaraan bermotor yang melintas rata-rata yaitu 23 unit meliputi 2 unit truk, 6 unit mobil, 15 unit sepeda motor, tanpa ada bis yang melintas, dan pada kepadatan rendah jumlah kendaraan bermotor yang melintas

rata-rata yaitu 7 unit meliputi 1 unit mobil, 6 unit sepeda motor, tanpa bis dan truk yang melintas.

Di Kabupaten Ngawi jumlah kendaraan bermotor yang melintas rata-rata per menit pada jalan dengan tingkat kepadatan tinggi, sedang, dan rendah masing-masing adalah 84 unit, 29 unit, dan 12 unit. Kendaraan yang melintas tersebut rata-rata 66% didominasi oleh sepeda motor, kemudian sisanya 20% mobil, 10% truk, dan 4% bis. Tingkat kepadatan kendaraan bermotor di Kabupaten Ngawi sangat tinggi karena jalan ini merupakan jalur antar provinsi yang menghubungkan wilayah Jawa Timur dengan Jawa Tengah. Secara umum tingkat kepadatan jalan dari kendaraan bermotor di daerah ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan Kabupaten Blitar, namun rata-rata kepadatan kendaraan per menit dinilai masih sama.

Tingginya jumlah kendaraan bermotor menyebabkan partikel Pb yang merupakan hasil emisi gas kendaraan bermotor secara terus menerus mampu terakumulasi di permukaan tanah. Semakin intensif pengolahan tanah sawah maka Pb yang ada di permukaan tanah akan tercampur hingga ke dalam lapisan tanah tersebut. Kandungan Pb tanah pada berbagai tingkat kepadatan kendaraan bermotor di Kabupaten Blitar dan Ngawi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Kandungan Pb tanah sawah pada berbagai tingkat kepadatan kendaraan bermotor di Kabupaten Blitar dan (b) Kabupaten Ngawi

Di Kabupaten Blitar rata-rata kandungan Pb tanah pada tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi yaitu 5,77 mg/kg, pada kepadatan sedang 8,31 mg/kg, dan pada kepadatan rendah 12,88 mg/kg. Dari grafik terlihat bahwa pada tingkat

kepadatan kendaraan bermotor tinggi, kandungan Pb tanah sangat rendah dan semakin rendah kepadatan kendaraan bermotor kandungan Pb tanah semakin tinggi (Gambar 1a). Sedangkan di Kabupaten Ngawi rata-rata kandungan Pb tanah pada tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi, sedang, dan rendah masing-masing yaitu 13,14 mg/kg, 13,61 mg/kg, dan 12,65 mg/kg. Gambar 1b memperlihatkan bahwa kandungan Pb tanah tertinggi ialah pada tingkat kepadatan kendaraan bermotor sedang dan kandungan Pb terendah pada tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah. Pada tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi, kandungan Pb tanahnya lebih rendah daripada lahan pada tingkat kepadatan sedang, yaitu selisih 0,47 mg/kg.

Hasil kandungan Pb tanah dari kedua lokasi tersebut tidak sesuai dengan hipotesis yang diajukan yaitu semakin tinggi kepadatan jalan dari kendaraan bermotor maka kandungan Pb di dalam tanah sawah semakin besar. Namun, hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa faktor kepadatan kendaraan bermotor yang berbeda di kedua lokasi penelitian menimbulkan perbedaan sangat nyata terhadap kandungan Pb di dalam tanah sawah (Lampiran 5). Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa rata-rata kandungan Pb tanah di lokasi penelitian Kabupaten Blitar lebih rendah daripada rata-rata kandungan Pb tanah di Kabupaten Ngawi, namun dilihat dari selisih kandungan Pb tanah antar tingkat kepadatan kendaraan bermotor di dalam lokasi perbedaannya sangat jauh. Di Kabupaten Blitar selisih kandungan Pb tanahnya mencapai 3,55 mg/kg sedangkan di Kabupaten Ngawi selisihnya hanya sekitar 0,48 mg/kg.

Hasil dari penelitian ini yaitu kandungan Pb di dalam tanah dipengaruhi oleh kepadatan jalan dari kendaraan bermotor namun dengan pola yang tidak menentu. Pola yang tidak menentu ini diduga karena Pb yang telah keluar dari kendaraan bermotor terlebih dahulu akan menempati ruang di udara sebelum mencapai permukaan tanah. Seperti yang dinyatakan oleh *Environment Project Agency dalam Gusnita (2012)*, sekitar 25% Pb tetap berada di dalam mesin dan 75% lainnya akan mencemari udara sebagai asap knalpot, serta setiap 1 L bensin yang dibakar jika dikonversi akan mengemisikan 0,56 g Pb yang dibuang ke udara. Sehingga faktor-faktor yang menyebabkan perpindahan dan persebaran Pb di udara menjadi penyebab terbesar hasil yang muncul tidak sesuai dengan

hipotesis yang diajukan. Beberapa faktor yang menyebabkan variasi kandungan Pb di dalam tanah akibat tingkat kepadatan kendaraan bermotor antara lain faktor klimatologi yaitu suhu, kelembaban udara, curah hujan, arah dan kecepatan angin serta faktor lingkungan yaitu kecepatan lalu lintas, jarak terhadap jalan raya, cara mengendarai, dan kecepatan kendaraan (Sastrawijaya, 1991).

Menurut teori Gerak *Brown*, suatu partikel zat cair ataupun gas akan bergerak terus menerus, artinya partikel-partikel ini tidak pernah dalam keadaan stasioner atau sepenuhnya diam (Wikipedia, 2015). Ketika Pb menempati ruang di udara maka Pb pun selalu bergerak, namun persebarannya lebih karena beberapa faktor yang telah disebutkan di atas. Penelitian Dahlan, Birawida, dan Ibrahim (2013) menyatakan bahwa hasil koefisien korelasi antara kecepatan angin dengan konsentrasi Pb di udara bernilai positif, artinya semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula konsentrasi Pb di udara, tidak hanya itu semakin tinggi kecepatan angin maka penyebaran polutan dari sumber emisi di atmosfer semakin besar dan sebaliknya. Data kecepatan angin rata-rata selama lima tahun terakhir hingga saat pengambilan contoh tanah di lapangan memperlihatkan nilai yang cukup besar berkisar antara 3,54-6,11 knot (Tabel 8), besarnya kecepatan angin di lokasi penelitian menentukan jarak persebaran Pb dari sumbernya. Selain itu, jalan dan kendaraan bermotor yang merupakan faktor lingkungan juga ikut mempengaruhi persebaran Pb di udara.

Berdasarkan peranannya, jalan dibedakan menjadi tiga yaitu jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal (Anonim, 2013). Di lokasi penelitian ini, jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi merupakan jalan arteri, sedangkan jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor sedang dan rendah merupakan jalan lokal (Lampiran 2a dan 2d). Pada jalan arteri, kendaraan bermotor yang melintas adalah angkutan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah kendaraan yang melintas tinggi. Apabila kecepatan lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan jumlah kendaraan tinggi maka kondisi udara menjadi tidak beraturan karena pergerakan angin, begitu pula partikel Pb di udara akan cenderung tersebar ke berbagai arah. Selain itu, kendaraan berukuran besar yang dominan ada pada jalan arteri dan melaju dengan kecepatan tinggi akan lebih besar dalam menggerakkan angin daripada kendaraan berukuran kecil. Oleh sebab

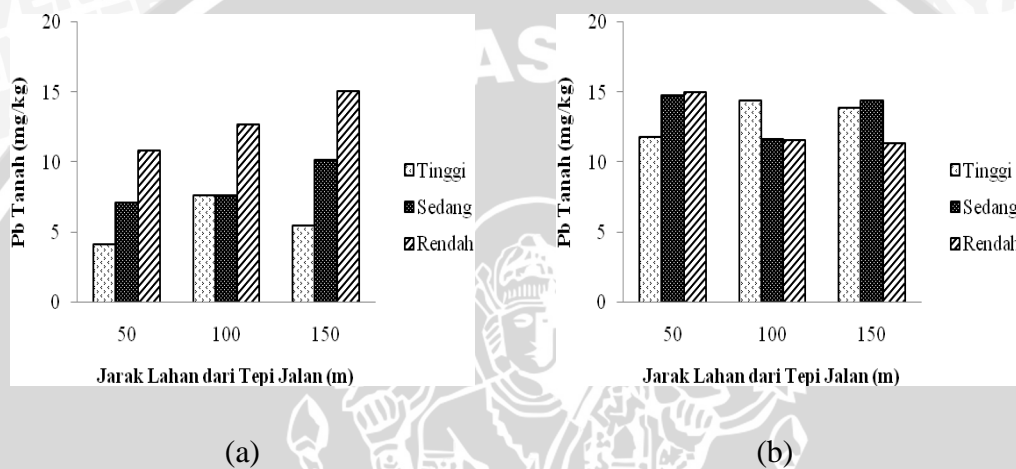
itu, kandungan Pb tanah pada lahan dekat jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi cenderung rendah daripada kandungan Pb tanah pada lahan dengan tingkat kepadatan jalan lainnya. Pada jalan lokal, kendaraan bermotor yang melintas adalah angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah. Pada jalan lokal dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor sedang dan rendah, pergerakan angin cenderung lebih tenang. Karena Pb memiliki massa jenis yang sangat besar yaitu  $11,35 \text{ g/cm}^3$  atau 9.458 kali lebih besar daripada massa jenis udara ( $\rho \text{ udara } 0,0012 \text{ g/cm}^3$ ) maka ketika pergerakan angin lebih tenang, Pb dengan adanya gaya gravitasi akan turun ke permukaan tanah. Kondisi tersebut diduga kuat yang menyebabkan kandungan Pb tanah di Kabupaten Blitar semakin tinggi pada lahan dekat jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah dan di Kabupaten Ngawi kandungan Pb tanah tertinggi ialah pada lahan dekat jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor sedang. Dibuktikan oleh penelitian Soehodho dan Taufick (2005) bahwa semakin cepat angin bertiup ke suatu arah akibat kecepatan pergerakan kendaraan bermotor, maka luas sebaran yang terkena polusi semakin luas dan konsentrasinya kecil.

## **5.2. Kandungan Pb Tanah Sawah pada Berbagai Jarak Lahan dari Jalan**

Lahan sawah yang berada dekat jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi memiliki kemungkinan lebih besar untuk tercemar Pb daripada lahan yang jauh dari jalan. Oleh karena itu sangat penting mengetahui pengaruh jarak lahan dari jalan terhadap kandungan Pb di dalam tanah. Salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap pergerakan Pb di udara adalah angin. Pb yang telah terlepas ke udara mampu disebarkan hingga jarak yang cukup jauh oleh angin.

Kandungan Pb tanah pada berbagai jarak lahan dari jalan di Kabupaten Blitar dan Ngawi disajikan pada Gambar 2. Di Kabupaten Blitar kandungan Pb tanah pada lahan yang berada dekat jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi yaitu  $4,15 \text{ mg/kg}$  untuk jarak 50 m,  $7,65 \text{ mg/kg}$  untuk jarak 100 m, dan  $5,50 \text{ mg/kg}$  untuk jarak 150 m. Pada lahan yang berada dekat jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor sedang kandungan Pb tanahnya  $7,12 \text{ mg/kg}$

untuk jarak 50 m, 7,62 mg/kg untuk jarak 100 m, dan 10,20 mg/kg untuk jarak 150 m, serta pada lahan yang berada dekat jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah kandungan Pb tanahnya 10,86 mg/kg untuk jarak 50 m, 12,71 mg/kg untuk jarak 100 m, dan 15,07 mg/kg untuk jarak 150 m. Dilihat dari Gambar 2a, kandungan Pb tanah di lokasi ini cenderung rendah, yakni antara 4-15 mg/kg. Pola yang terjadi yaitu kandungan Pb tanah rendah pada jarak lahan 50 m dari jalan dan semakin meningkat kandungan Pb tanahnya pada jarak lahan 100 m dan 150 m.



Gambar 2. (a) Kandungan Pb tanah sawah pada berbagai jarak lahan dari jalan di Kabupaten Blitar dan (b) Kabupaten Ngawi

Di Kabupaten Ngawi kandungan Pb tanah pada jarak 50 m, 100 m, dan 150 m dari jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi masing-masing 11,80 mg/kg, 14,44 mg/kg, dan 13,92 mg/kg, pada tingkat kepadatan kendaraan bermotor sedang masing-masing 14,77 mg/kg, 11,63 mg/kg, dan 14,44 mg/kg, dan pada tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah masing-masing 14,99 mg/kg, 11,58 mg/kg, dan 11,39 mg/kg. Kandungan Pb tanah pada lokasi ini masih lebih tinggi daripada kandungan Pb di Kabupaten Blitar yaitu antara 11-15 mg/kg (Gambar 2b). Pola yang muncul dari kandungan Pb tanah berdasarkan jarak lahan dari jalan tidak beraturan dibandingkan dengan pola di Kabupaten Blitar. Kandungan Pb tanah tertinggi terletak pada jarak 50 m dari jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah dan kandungan Pb tanah terendah terletak pada jarak 150 m dari jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah.

Hipotesis penelitian ini mengacu pada penelitian Manurung (2005) dan Parsa (2001) yang menyatakan bahwa jarak lahan terhadap jalan raya mempengaruhi kandungan Pb di dalam tanah, yaitu semakin jauh jarak lahan dengan jalan maka semakin rendah kandungan Pb tanahnya. Namun, hasil penelitian ini memperlihatkan kondisi sebaliknya yaitu hasil kandungan Pb tanah dari kedua lokasi tersebut tidak sesuai dengan hipotesis yang diajukan. Hasil penelitian tidak sesuai dengan hipotesis yang diajukan bukan berarti jarak lahan dari jalan tidak mempengaruhi kandungan Pb di dalam tanah. Kandungan Pb di dalam tanah dipengaruhi oleh jarak lahan dari jalan namun dengan pola yang tidak menentu atau bahkan sebaliknya, yaitu jarak lahan yang berada cukup jauh dari jalan padat kendaraan bermotor kemungkinan terpapar Pb lebih besar daripada lahan yang dekat dengan jalan. Didukung oleh hasil analisis sidik ragam (ANOVA) yang menunjukkan bahwa faktor jarak lahan dari jalan memberikan perbedaan yang sangat nyata terhadap kandungan Pb tanah sawah (Lampiran 5). Faktor yang mempengaruhi kandungan Pb dalam tanah akibat jarak lahan dari jalan dan akibat tingkat kepadatan kendaraan bermotor adalah sama, yaitu sebelum mencapai permukaan tanah, Pb disebarkan ke berbagai arah tepat setelah keluar dari knalpot kendaraan bermotor. Persebaran Pb di udara sebelum mencapai permukaan tanah dikuatkan oleh teori dari Fergusson, 1990 (*dalam* Siregar, 2005) yang menyebutkan bahwa partikel Pb yang dikeluarkan oleh asap kendaraan bermotor memiliki masa tinggal di udara selama 4-40 hari. Masa tinggal yang lama ini menyebabkan partikel Pb dapat disebarkan angin hingga mencapai jarak 100-1.000 km dari sumbernya.

### **5.3. Pengaruh Kadar Liat dan Sifat Kimia Tanah terhadap Kandungan Pb Tanah Sawah**

Obyek penelitian ini ialah tanah sawah yang berada dekat dengan jalan, baik jalan arteri maupun jalan lokal yang memiliki tingkat kepadatan kendaraan bermotor yang bervariasi. Sedangkan lokasi penelitiannya yaitu di Kabupaten Blitar dan Kabupaten Ngawi, masing-masing meliputi Kecamatan Wlingi, Kesamben, dan Doko untuk Kabupaten Blitar serta Kecamatan Padas dan Pangkur untuk Kabupaten Ngawi. Pemilihan kedua lokasi tersebut berdasarkan perbedaan

jenis tanah yang menyebabkan perbedaan kadar fraksi liat tanah. Selain kadar fraksi liat yang merupakan salah satu sifat fisik tanah, sifat kimia tanah turut diamati pengaruhnya terhadap kandungan Pb pada lokasi penelitian. Sifat kimia tanah yang diuraikan pada pembahasan ini meliputi C-organik, pH, dan KTK tanah. Data mengenai sifat fisik dan kimia tanah pada lokasi penelitian disajikan pada Lampiran 4.

Tekstur tanah kedua lokasi penelitian berbeda akibat perbedaan jenis tanah. Jenis tanah di Kabupaten Blitar adalah Inceptisols (Layli, 2012) sehingga tekstur tanah di lokasi tersebut didominasi oleh fraksi pasir dan debu, sedangkan jenis tanah di Kabupaten Ngawi adalah Vertisols (Prasetyo, 2007) yang didominasi oleh fraksi liat. Data yang ditampilkan oleh Lampiran 4 menunjukkan bahwa kadar fraksi liat dari kedua lokasi sangat berbeda. Di Kabupaten Blitar kadar fraksi liat tanah tertinggi adalah 53% yaitu terletak pada lahan yang berjarak 50 m dari jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah dan kadar fraksi liat terendah adalah 17% yaitu terletak pada lahan yang berjarak 50 m dari jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor sedang. Di Kabupaten Ngawi kadar fraksi liat tanah tertinggi dan terendah berturut-turut adalah 98% yaitu terletak pada lahan yang berjarak 50 m dari jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor tinggi dan 78% yaitu terletak pada lahan yang berjarak 50 m dan 100 m dari jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan bermotor rendah. Kadar fraksi liat tanah tidak ada kaitannya dengan tingkat kepadatan jalan dari kendaraan bermotor dan jarak lahan dari jalan. Namun, data tersebut ingin menunjukkan kadar fraksi liat pada masing-masing posisi pengambilan contoh tanah guna dibandingkan dengan kandungan Pb tanah pada posisi yang sama.

Tabel 2. Rata-rata Kandungan Pb dan Kadar Fraksi Liat Tanah serta Nilai Beberapa Sifat Kimia Tanah yang Lain Di Kabupaten Blitar dan Ngawi

| Lokasi | Kepadatan<br>Kendaraan Bermotor | Pb<br>(mg/kg) | Liat<br>(%) | C-org<br>(%) | pH  | KTK<br>(me/100 g) |
|--------|---------------------------------|---------------|-------------|--------------|-----|-------------------|
| Blitar | Tinggi                          | 5,77          | 27          | 1,39         | 5,6 | 29,88             |
|        | Sedang                          | 8,31          | 26          | 1,15         | 6,0 | 23,88             |
|        | Rendah                          | 12,88         | 39          | 1,55         | 6,0 | 26,84             |
| Ngawi  | Tinggi                          | 13,39         | 91          | 1,83         | 6,9 | 74,49             |
|        | Sedang                          | 13,61         | 84          | 1,55         | 6,3 | 81,20             |
|        | Rendah                          | 12,65         | 81          | 1,82         | 7,1 | 63,55             |



Kandungan Pb tanah Di Kabupaten Blitar rata-rata pada setiap tingkat kepadatan jalan dari kendaraan bermotor cenderung lebih rendah daripada Kabupaten Ngawi. Rata-rata kandungan Pb tanah di setiap kadar fraksi liat tanah pada tingkat kepadatan jalan dari kendaraan bermotor ditunjukkan dalam Tabel 10. Dari data tersebut, kandungan Pb tanah tertinggi dan terendah di Kabupaten Blitar masing-masing adalah 12,88 mg/kg pada persentase liat 39% dan 5,77 mg/kg pada persentase liat 27%. Di Kabupaten Ngawi kandungan Pb tanah tertinggi dan terendah masing-masing adalah 13,61 mg/kg pada persentase liat 84% dan 12,65 mg/kg pada persentase liat 81%. Hasil dari analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa faktor lokasi yang menginterpretasikan kadar fraksi liat yang berbeda di dalam tanah menimbulkan perbedaan sangat nyata terhadap kandungan Pb tanah sawah (Lampiran 5). Namun, perbedaan yang sangat nyata ini belum jelas bentuknya sehingga perlu dilakukan uji lanjutan untuk mengetahui keeratan hubungan kadar liat dalam mempengaruhi kandungan Pb di dalam tanah.

Di dalam tanah, faktor kadar liat tidak mutlak berdiri sendiri dalam mempengaruhi kandungan Pb tanah, namun terdapat faktor lain yang berpengaruh meliputi C-organik, pH, dan KTK tanah. Keeratan hubungan masing-masing parameter dengan faktor kandungan Pb total tanah mempunyai kelas korelasi yang berbeda-beda (Lampiran 6). Faktor fraksi liat, pH, dan KTK masuk dalam kelas korelasi kuat dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) berturut-turut sebesar 0,61; 0,55; dan 0,53 sedangkan C-organik masuk dalam kelas korelasi cukup dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,33. Dilihat dari hasil korelasi tersebut, semua faktor yaitu kadar fraksi liat, C-organik, pH, dan KTK berkorelasi dengan kandungan Pb dalam tanah.

Selanjutnya, untuk mengetahui besar pengaruh masing-masing faktor terhadap kandungan Pb tanah maka dilakukan analisis regresi berganda yakni dengan faktor  $y = \text{Pb total tanah}$  dan faktor  $x = \text{fraksi liat, C-organik, pH, dan KTK}$ . Pada analisa regresi berganda terdapat uji simultan dan uji parsial. Pengaruh seluruh faktor  $x$  terhadap  $y$  dapat diketahui melalui uji simultan, yaitu dengan menunjukkan hasil keragaman yang bisa dijelaskan oleh semua variabel  $x$  terhadap  $y$  sebesar 42% ( $R^2$ ). Karena pengaruh dari masing-masing faktor  $x$

terhadap  $y$  belum diketahui, maka pada uji parsial akan diketahui faktor yang berpengaruh. Dari semua faktor yang diujikan pengaruhnya terhadap kandungan pb total tanah, hasil yang muncul ialah semua faktor tersebut berpengaruh terhadap kandungan Pb total tanah. Hasil analisis regresi berganda yang menunjukkan tingkat pengaruh yang diberikan oleh setiap faktor  $x$  terhadap  $y$  disajikan dalam Tabel 11.

Tabel 3. Persamaan dan Tingkat Pengaruh Kadar Liat dan Sifat Kimia Tanah terhadap Kandungan Pb Tanah Sawah

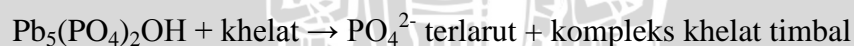
| Persamaan Regresi                                   |             |                 |                        |
|---|-------------|-----------------|------------------------|
| $y = 0,996 + 0,11x_1 - 2,74x_2 - 0,05x_3 + 1,64x_4$ |             |                 |                        |
| No.   | Faktor      | Bentuk Pengaruh | Besar Pengaruh (mg/kg) |
| 1   | Fraksi Liat | Positif         | 0,11                   |
| 2   | C-organik   | Negatif         | 2,74                   |
| 3   | KTK         | Negatif         | 0,05                   |
| 4   | pH          | Positif         | 1,64                   |

Keterangan:  $y$  = Pb Total Tanah (mg/kg)     $x_3$  = KTK (me/100 g)  
 $x_1$  = Fraksi Liat (%)     $x_4$  = pH  
 $x_2$  = C-organik (%)

Berdasarkan Tabel 11, bentuk dan besar pengaruh dari keempat faktor terhadap Pb total tanah berbeda-beda. Fraksi liat dan pH berpengaruh positif terhadap Pb total tanah, maksudnya adalah setiap terjadi pertambahan fraksi liat (%) dan kenaikan nilai pH maka Pb total tanah (mg/kg) juga akan mengalami kenaikan. Sebaliknya, C-organik dan KTK berpengaruh negatif terhadap Pb total tanah, maka setiap kenaikan C-organik (%) dan KTK (me/100 g) justru akan diikuti penurunan Pb total tanah (mg/kg). Fraksi liat meningkatkan 0,11 mg/kg Pb total tanah setiap peningkatan 1% dan setiap kenaikan 1 nilai pH maka akan meningkatkan Pb total tanah sebesar 1,64 mg/kg. Sedangkan di sisi lain, setiap kenaikan 1% C-organik dan 1 me/100 g KTK akan menurunkan Pb total tanah berturut-turut sebesar 2,74 mg/kg dan 0,05 mg/kg. Apabila dicermati keseluruhan faktor tersebut tidak berdiri sendiri melainkan terbentuk interaksi di dalam tanah, sehingga pengaruh yang diberikan terhadap kandungan Pb tanah akan berbeda-beda.

Besarnya kandungan Pb tanah di Kabupaten Blitar dan Kabupaten Ngawi secara umum hampir sama, meskipun sedikit lebih tinggi di Kabupaten Ngawi yang secara nyata kadar fraksi liatnya jauh lebih besar. Beberapa penelitian

menyatakan bahwa Pb cenderung lebih kuat diikat oleh fraksi liat, namun hasil penelitian ini memperlihatkan nilai yang hampir sama antara kedua lokasi penelitian, sehingga seperti yang telah dibuktikan oleh hasil uji regresi berganda bahwa terjadi interaksi diantara faktor-faktor di dalam tanah. Kondisi tersebut diduga karena pengaruh parameter tanah yang lain yang cukup dominan dalam mempengaruhi kandungan Pb tanah misalnya pH. Nilai pH tanah di Kabupaten Blitar antara 5,6-6,0; sedangkan di Kabupaten Ngawi antara 6,3-7,1. Proses adsorpsi, presipitasi oleh oksida Al dan Fe serta pertukaran kation terjadi lebih efektif pada pH asam sampai netral, dimana Pb cenderung berada pada kondisi tidak terlarut sehingga kandungannya di dalam tanah tinggi (Rieuwerts *et al.*, 1998). Selain itu, teori lain yang dinyatakan oleh Rieuwerts *et al.* (1998) ialah selain nilai pH tanah, kandungan organik merupakan parameter tanah yang paling dominan dalam mengendalikan proses-proses yang mempengaruhi kelarutan dan ketersediaan Pb di dalam tanah dibandingkan dengan adanya kation-kation tanah yang dikendalikan oleh kapasitas tukar kation. Menurut Al-Turki dan Helal (2004), tanah yang mengandung bahan organik dapat menyerap dan mengimobilisasi Pb, sehingga mempunyai peranan dalam meretensi Pb di dalam tanah. Retensi Pb terjadi karena adanya ikatan koordinasi antara ligan dari bahan organik (khelat) dengan logam Pb yang membentuk kompleks menurut reaksi berikut:



Proses penyerapan Pb oleh bahan organik terjadi lebih cepat daripada proses pelepasannya, sebab reaksi pelepasan selalu memerlukan energi yang lebih besar daripada reaksi penyerapan. Hal ini menyebabkan reaksi berjalan lambat, sehingga akumulasi Pb lebih cepat dibandingkan dengan distribusinya (Strawn dan Sparks, 2000). Tingginya akumulasi Pb pada lapisan permukaan hingga lapisan olah tanah disebabkan oleh tidak terjadinya pergerakan Pb ke lapisan bawah karena kelarutannya yang rendah dan relatif bebas dari degradasi oleh mikroorganisme.

Ketika faktor-faktor di dalam tanah saling berinteraksi dalam mempengaruhi kandungan Pb tanah, maka akan tetap ada satu faktor yang paling berpengaruh diantara semua faktor tersebut. Untuk melihat faktor yang paling

baik dalam mempengaruhi faktor  $y$  yaitu Pb total tanah diantara semua faktor  $x$  maka dilakukan uji regresi *stepwise*. Hasil uji regresi *stepwise* menunjukkan bahwa diantara keempat faktor  $x$ , faktor fraksi liat adalah yang paling mempengaruhi kandungan Pb total dalam tanah yaitu sebesar 37% ( $R^2$ ) dengan persamaan  $y = 6,636 + 0,08x$  ( $y =$  Pb total tanah,  $x =$  fraksi liat). Jadi dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan 1% kadar fraksi liat tanah akan meningkatkan 0,08 mg/kg Pb total dalam tanah. Kadar fraksi liat tanah menjadi cukup dominan dalam penelitian ini karena kadar C-organik tanah sawahnya cenderung rendah. Alumaa *et al.* (2001) melaporkan bahwa Pb yang tiba di tanah (misalkan Pb yang berasal dari udara) akan diserap dengan kuat oleh komponen pertama yang berhubungan (kontak) dengan logam berat tersebut. Oleh karena rendahnya bahan organik di dua lokasi penelitian ini dan tingginya nilai koefisien distribusi dari Pb, maka Pb paling kuat ditahan oleh partikel tanah khususnya fraksi liat. Koefisien distribusi ( $K^o$ ) menggambarkan mobilitas dan distribusi logam berat di dalam tanah atau yang didefinisikan sebagai konsentrasi logam dalam fase padatan terhadap fase terlarut (cair) (Wahba dan Zaghloul, 2007). Semakin tinggi nilai  $K^o$  logam tersebut, maka semakin sukar untuk didistribusikan ke lapisan tanah lainnya (imobil). Logam Pb memiliki nilai  $K^o$  paling tinggi dibandingkan dengan logam lainnya (Tabel 3).

Lokasi penelitian dengan kadar fraksi liat rendah, rata-rata kandungan Pb tanahnya kecil, sebaliknya pada lokasi dengan kadar fraksi liat yang lebih tinggi kandungan Pb tanahnya lebih besar. Hal tersebut disebabkan oleh Pb yang bervalensi  $2^+$  sehingga akan terjerap oleh muatan negatif yang dimiliki oleh liat. Di lokasi penelitian Kabupaten Blitar memiliki kadar fraksi liat yg rendah karena tekstur tanahnya didominasi oleh fraksi pasir dan debu, kondisi ini menyebabkan kecilnya luas permukaan jerapan sehingga Pb yang terjerap juga sedikit. Tingginya kadar fraksi pasir juga menyebabkan Pb mudah tercuci ke lapisan tanah yang lebih dalam melalui proses perkolasi karena rendahnya daya menahan air dari fraksi pasir. Sebaliknya, semakin tinggi kadar fraksi liat maka luas permukaan tanah semakin besar, sehingga kandungan Pb tanah juga semakin tinggi. Hasil penelitian Ponizovsky dan Mironenko (2001) menyatakan bahwa kandungan Pb pada tanah bertekstur ringan cenderung lebih rendah daripada

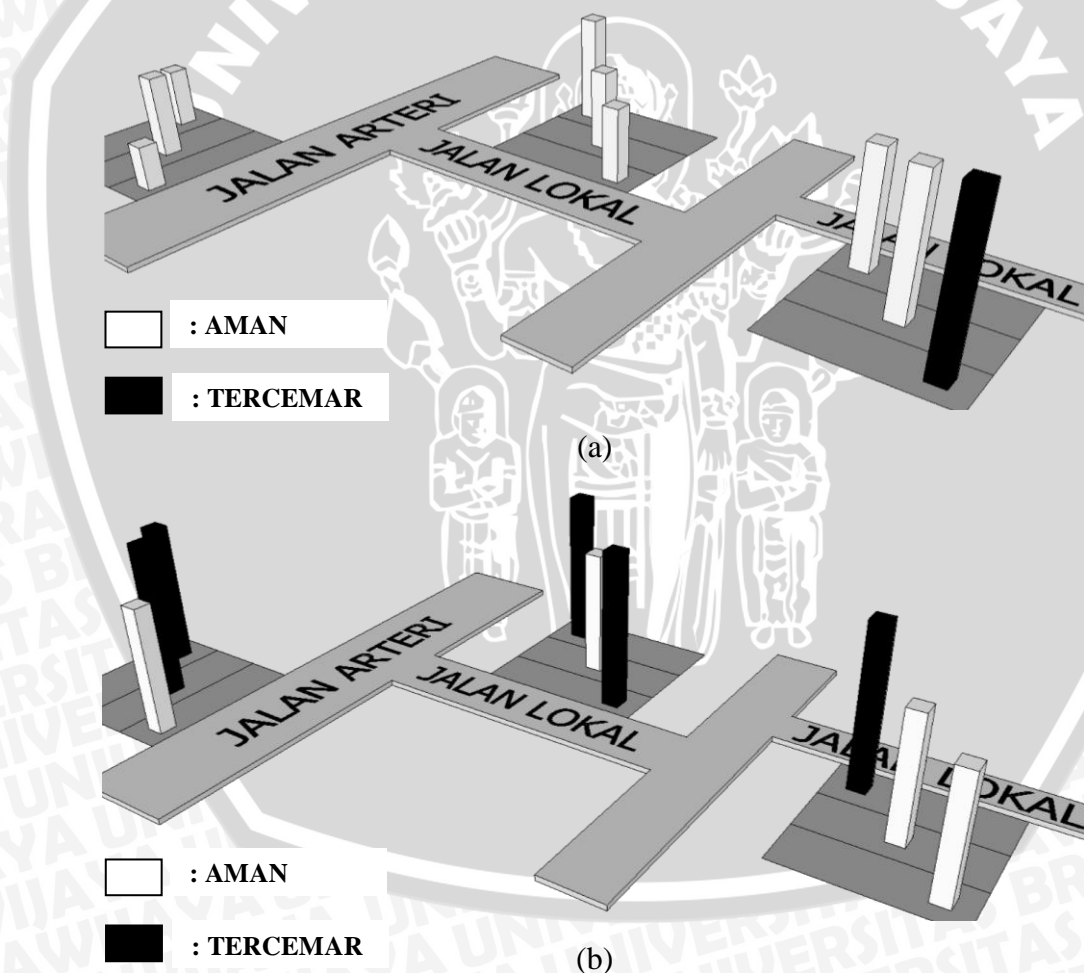
kandungan Pb pada tanah bertekstur berat. Hal tersebut membuktikan bahwa jenis mineral liat juga berpengaruh terhadap pengikatan logam berat di dalam tanah, seperti teori yang dinyatakan oleh Elfattah dan Wada, 1981 (*dalam* Ponizovsky dan Mironenko, 2001) bahwa koefisien selektivitas pertukaran ion  $Pb^{2+}$  menurun dengan meningkatnya afinitas Pb terhadap permukaan mineral dalam bentuk Pb(II)-teradsorpsi. Itulah yang menyebabkan rata-rata kandungan Pb tanah pada lokasi penelitian Kabupaten Ngawi masih lebih besar daripada Kabupaten Blitar.

#### 5.4. Pembahasan Umum

Pb yang merupakan salah satu polutan dari emisi gas kendaraan bermotor terbukti mampu mencemari tanah terutama lahan pertanian yang berada di sekitar jalan. Kepadatan kendaraan bermotor serta jarak lahan dari jalan yang berada di dua lokasi penelitian yaitu Kabupaten Blitar dan Kabupaten Ngawi menunjukkan kandungan Pb di dalam tanah sawah mengalami perbedaan yang sangat nyata. Kabupaten Blitar yang merupakan lokasi dengan kadar liat rendah memiliki kandungan Pb tanah antara 4,15 mg/kg sampai dengan 15,07 mg/kg, sedangkan Kabupaten Ngawi yang merupakan lokasi dengan kadar liat tinggi kandungan Pb tanahnya antara 11,39 mg/kg sampai dengan 14,99 mg/kg. Menurut indikator parameter kualitas tanah yang tertulis dalam Soepardi (1983) hasil Pb tanah di dua lokasi tersebut masuk dalam kelas sedang.

Dinilai dari tingkat bahayanya logam berat Pb yang tergolong dalam Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dimana dapat merusak lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain, maka perlu diketahui ambang batas Pb yang diperbolehkan pada tanah pertanian. Adanya nilai ambang batas pada tanah pertanian berfungsi sebagai tolok ukur bahwa tanah pertanian tersebut mampu menghasilkan tanaman sehat dengan kandungan Pb di bawah ambang batas yang boleh dikonsumsi. Dalam menentukan nilai ambang batas Pb yang diperbolehkan pada tanah pertanian telah dikaji beberapa sumber berdasarkan tahun penetapannya. Alloway (1990) menyatakan bahwa tanah dengan kandungan Pb antara 2-100 mg/kg terkategori sebagai tanah yang tidak tercemar Pb. Wild (1995) menetapkan nilai kandungan Pb  $\leq 20$  mg/kg sebagai tanah tidak tercemar Pb. Ponizovsky dan Mironenko (2001) dalam penelitiannya

menyatakan dengan lebih detail bahwa tanah dikatakan tidak mengalami pencemaran Pb jika kandungan Pb sekitar 15-17 mg/kg untuk tanah bertekstur ringan dan sekitar 17-22 mg/kg untuk tanah bertekstur berat. de Vries *et al.* (2002) menetapkan kandungan Pb yang diperbolehkan dalam tanah  $\leq 15$  mg/kg dan pada tahun yang sama Balit Tanah (2002) menyatakan bahwa ambang batas Pb dalam tanah pertanian adalah 12,75 mg/kg. Dikarenakan hasil penelitian terbaru ialah dari Balai Penelitian Tanah, maka data tersebut yang dipergunakan sebagai acuan ambang batas Pb dalam tanah pertanian. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat beberapa lokasi yang kandungan Pb tanahnya telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk tanah pertanian. Pola sebaran Pb tanah di dua lokasi penelitian ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Pola Sebaran Pb Tanah dan Status Keamanan pada Lokasi Penelitian  
(a) Kabupaten Blitar dan (b) Kabupaten Ngawi

Gambar 3 di atas menunjukkan pola sebaran Pb tanah di setiap jarak lahan dari jalan yang memiliki tiga macam tingkat kepadatan kendaraan bermotor. Perbedaan warna balok yaitu hitam dan putih menyatakan status keamanan tanah dari kandungan Pb tanahnya. Balok putih memiliki arti bahwa tanah tersebut memiliki kandungan Pb di bawah ambang batas yang diperbolehkan untuk tanah pertanian. Sedangkan balok hitam memiliki arti sebaliknya, yaitu pada lokasi tersebut kandungan Pb tanahnya telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk tanah pertanian. Lokasi penelitian di Kabupaten Blitar secara umum tanahnya masih mengandung Pb di bawah ambang batas. Di Kabupaten Ngawi, tingkat cemaran Pb cukup tinggi, terbukti oleh lima dari sembilan titik lokasi penelitian memiliki kandungan Pb tanah di atas ambang batas yang diperbolehkan untuk tanah pertanian.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa Kandungan Pb di dalam tanah telah mengalami penurunan dibandingkan hasil penelitian tahun 2005 yaitu penelitian Manurung (2005). Faktor yang mempengaruhi kandungan Pb tanah dalam penelitian ini lebih kurang sama dengan penelitian Manurung (2005), yaitu efek emisi gas kendaraan bermotor, tingkat kepadatan jalan dari kendaraan bermotor, jarak lahan dari jalan, dan lahan dengan jenis tanah yang berbeda kadar liatnya. Faktor yang membedakan ialah lokasi penelitian, pada penelitian Manurung (2005) lokasi yang diteliti adalah Kabupaten Malang dan Kabupaten Lamongan. Nilai kandungan Pb tanah pada penelitian Manurung (2005) di Kabupaten Malang yang merupakan lokasi dengan kadar liat rendah berkisar antara 9,33 mg/kg sampai dengan 288,00 mg/kg, sedangkan di Kabupaten Lamongan yang merupakan lokasi dengan kadar liat tinggi berkisar antara 8,67 mg/kg sampai dengan 211,33 mg/kg. Hasil tersebut sekitar 14 hingga 19 kali lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian di Kabupaten Blitar dan Kabupaten Ngawi saat ini. Kenyataan ini membuktikan bahwa kandungan Pb di dalam tanah mulai mengalami penurunan meskipun hanya menggunakan satu sumber data sebagai pembanding. Penurunan kandungan Pb dalam tanah selama kurun waktu 10 tahun ini disebabkan oleh pencabutan peruntukan Pb (TEL) dari sistem bahan bakar bensin sejak tahun 2005 (Antara, 2007).

Dalam upaya mendukung program Langit Biru Indonesia seperti tertuang dalam UU No. 23/1997 dan instruksi Menteri Lingkungan Hidup RI tahun 2000 untuk penghapusan bensin bertimbal dilakukan secara bertahap di seluruh Indonesia, maka Pertamina sejak 1 Juli 2006 tidak lagi menggunakan Timbal (TEL) sebagai *Octane Booster* (Antara, 2007). TEL adalah zat tambahan (aditif) yang digunakan untuk meningkatkan *Research Octane Number* (RON) dalam bahan bakar minyak (BBM). TEL digunakan karena sangat mudah dibuat dan biayanya lebih murah daripada bensin yang tidak menggunakan TEL. Contoh penggunaan TEL yaitu dalam pengolahan Premium 88 di kilang-kilang Pertamina. Penggunaan TEL di beberapa negara telah dilarang karena kadar senyawa kimianya dapat membahayakan manusia.

Sesuai dengan spesifikasi kendaraan guna meningkatkan performa mesin, maka dibutuhkan bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi. Tingginya angka oktan dapat meningkatkan kemampuan daya bakar bensin, semakin tinggi oktan maka kemampuan daya bakarnya semakin cepat. Sebelum adanya kebijakan penghapusan bensin bertimbal oleh Menteri Lingkungan Hidup, produksi premium saat masih menggunakan TEL terdiri dari 12,5% HOMC dan 87,5% Naptha. Sedangkan setelah adanya Program Langit Biru, Pertamina mengganti penggunaan TEL dengan HOMC (*High Octane Mogas Component*) yaitu senyawa yang lebih ramah lingkungan dan lebih cocok dengan spesifikasi kendaraan yang menggunakan *catalytic converter*. Setelah tidak menggunakan TEL, komposisi penggunaan HOMC pada premium saat ini adalah 30% dan Naptha 70%. Perubahan kondisi inilah yang secara umum menyebabkan penurunan kandungan Pb dalam tanah, yakni karena akumulasi partikel Pb yang merupakan polutan dari emisi gas kendaraan bermotor berkurang baik di udara maupun di dalam tanah.