

# PEMETAAN POLUSI UDARA PERKOTAAN DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Agus Tri Basuki

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
agustribasuki@yahoo.com

Endah Saptutyningsih

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
end\_naufal@yahoo.com

## ABSTRACT

*This study aims to identify the areas which have a highest air pollution especially CO and PM10 in province of Yogyakarta Special Region by the Geographical Information Systems (GIS) approach.*

*By using Geographical Information Systems (GIS) approach, the mapping result shows that highest CO pollution concentrated in Yogyakarta City and Sleman Regency. The areas which have highest CO pollution according to the results of this method are the area located in county of Yogyakarta City, they are Jetis, Gondomanan, Wirobrajan, Kraton, Mantrijeron, sebagian wilayah Ngampilan, Gedongtengen, dan Mergangsan Districts. Some counties of Sleman Regency such as Depok, Ngaglik and Kalasan Districts have highest CO pollution too.*

*The areas which have PM10 pollutant in province of Yogyakarta Special Region are some parts of Yogyakarta City (Mantrijeron, Kraton, Gondomanan, Ngampilan, Gedongtengen, Danurejan, Wirobrajan, Mergangsan, Pakualaman, Jetis, and Gondokusuman Districts) and Gunung Kidul Regency (Karangmojo District)*

*The result of this study can be recommendation for next research to evaluate the areas so that policy maker minimize the negative impacts of air pollution especially for society health.*

**Keywords:** *Geographical Information Systems (GIS), PM10, CO.*

## PENDAHULUAN

Kegiatan ekonomi yang berjalan cepat menuntut adanya fasilitas transportasi perkotaan. Pertumbuhan ekonomi yang ditandai dengan peningkatan pendapatan per kapita, akan meningkatkan daya beli masyarakat terhadap kendaraan bermotor sebagai alat transportasi. Polusi udara perkotaan dapat menyebabkan gangguan kesehatan dikarenakan efek morbiditas dan mortalitas dan juga hilangnya manfaat kenyamanan lingkungan dikarenakan berkurangnya jarak pandang. Pengukuran kerugian ini dari polusi udara penting dari sudut pandang perubahan kebijakan lingkungan yang diperlukan yang mungkin membutuhkan biaya yang cukup besar dari pemerintah dan agen-agen dari kegiatan ekonomi yang berkontribusi terhadap polusi udara.

Berbagai jenis alat transportasi, terutama kendaraan bermotor setiap hari memadati jalan-jalan di perkotaan sebagai pusat kegiatan ekonomi (*central business district*). Fenomena

ini juga terjadi di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dimana banyak terdapat pusat-pusat perdagangan dan pendidikan yang menunjang perekonomian daerah. Masalah-masalah yang sering timbul akibat semakin banyaknya kendaraan bermotor adalah tidak seimbangnya jumlah kendaraan bermotor dengan kapasitas jalan raya yang tersedia sehingga menyebabkan terjadinya kemacetan, kebisingan, dan polusi udara.

Jumlah kendaraan terbanyak pada tahun 2010 di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) terdapat di Kabupaten Sleman yaitu sebanyak 493.800 unit kendaraan, yang diikuti oleh Kota Yogyakarta sebanyak 367.957 unit kendaraan. Dari empat jenis kendaraan yang tercatat oleh Kantor Ditlantas Polda DIY, ternyata jenis kendaraan sepeda motor mendominasi padatnya jalan-jalan di 5 Kabupaten/Kota di DIY. Jumlah sepeda motor sebesar 87,75% dari seluruh jenis kendaraan di propinsi DIY. Khusus di Kabupaten Sleman yang memiliki jumlah kendaraan terbanyak di propinsi DIY, kendaraan jenis sepeda motor sebanyak 87,4% dari semua jenis kendaraan di Kabupaten Sleman, sedangkan sepeda motor sebanyak 83,9% dari semua jenis kendaraan di Kota Yogyakarta.

Tabel 1. Jumlah Kendaraan Bermotor di 5 Kabupaten/Kota di Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2010

Kabupaten	Jenis Kendaraan				Jumlah
	Mobil Penumpang	Mobil Beban	Bus	Sepeda Motor	
1. Kulonprogo	4,134	3,122	533	89,626	97,415
2. Bantul	12,311	9,720	8,112	286,023	316,166
3. Gunungkidul	5,153	4,864	902	103,883	114,800
4. Sleman	42,102	11,771	8,347	431,580	493,800
5. Yogyakarta	36,551	14,706	7,944	308,756	367,957
Jumlah	100,251	44,183	25,837	1,219,867	1,390,138

Sumber : Kantor Ditlantas Polda Provinsi D.I. Yogyakarta (diolah)

Untuk mengukur paparan polusi udara memerlukan penyederhanaan dan asumsi-asumsi sehingga memiliki keterbatasan. Ukuran polusi ambien diambil di sejumlah kecil stasiun dan jarang dicatat terus menerus dan terlebih lagi populasi perkotaan berubah-ubah, sehingga asumsi harus dibuat untuk memperkirakan eksposur pribadi. Terdapat variasi polutan dari waktu ke waktu dan ruang karena adanya faktor-faktor seperti sumber meteorologi, topografi dan emisi. Studi ekologi di Amerika Serikat melakukan pengukuran polutan untuk periode dua mingguan (Love dan Seskin, 1972) atau kuartalan (Ozkaynak dan Thurston, 1987). Alat pengukur sering berubah dari waktu ke waktu tergantung kota-kotanya, dan memiliki kehandalan yang kecil. Oleh karena itu perlu untuk mengasumsikan data untuk titik tunggal mewakili daerah geografis yang luas.

Baru-baru ini, pemahaman tentang proses kualitas udara perkotaan yang kompleks telah dibantu dengan menerapkan *urban airshed model*. Model ini menghitung variasi spasial dan temporal serta perbedaan dalam reaktivitas polutan udara sehingga dapat memberikan gambaran rinci tata ruang dari tingkatan polutan. Apabila dikombinasikan dengan teknik GIS, model ini dapat memperbaiki pengukuran paparan dalam hubungannya dengan kesehatan (Cicero-Fernandez et al, 2001; Hoek dkk, 2001).

Perkembangan manajemen data spasial dalam kerangka sistem informasi geografis (GIS) telah menciptakan era baru pemodelan lingkungan. Komputer yang lebih kuat telah membuat menjalankan model kualitas udara pada tingkat global dan lokal skala spasial mungkin. Dalam rangka untuk memahami fungsi dari model yang lebih kompleks, sistem pemodelan

harus terdiri dari subsistem lainnya (titik dan daerah sumber-sumber pencemaran, deskripsi spasial ketinggian daerah, data meteorologi, dan jaringan pemantauan kualitas udara).

Baru-baru ini, penggunaan GIS telah menjadi penting dalam memberikan batas dengan model kualitas udara. Banyak model telah digabungkan dengan GIS untuk melakukan simulasi berbagai proses lingkungan seperti yang dijelaskan dalam buku yang ditulis oleh Longely dkk. (2001). Dalam kasus beberapa model skala udara, data mengenai ruangan yang lebih rinci diperlukan untuk mencakup dampak dari bangunan dan buatan manusia lainnya pada distribusi polutan udara, (Janour, 1999; Civis 2001). Terlepas dari pendekatan ini, teori statistik juga digunakan untuk menunjukkan interaksi spasial-temporal seperti yang dijelaskan oleh Briggs et al. (2000).

Ostro (1996) telah meneliti dampak polusi udara terhadap kesehatan masyarakat di Jakarta dengan menggunakan metode *dose response relationship*, dengan basis data dari Amerika Serikat, Kanada, dan Inggris. Penelitian tersebut mengungkapkan adanya hubungan yang positif antara dampak kesehatan dengan bertambahnya tingkat polusi udara di Jakarta. Estimasi manfaat yang diperoleh dengan adanya penurunan dampak polusi udara terhadap kesehatan masyarakat di Jakarta adalah sebesar 8,2 juta per tahun.

Analisis perhitungan moneter dari dampak kesehatan yang diakibatkan oleh polusi udara, dilakukan dalam penelitian oleh Harmaini (1996) dengan metode yang sama. Hasil penelitian Harmaini menunjukkan bahwa estimasi total kerugian masyarakat akibat polusi udara adalah 4,15 triliun rupiah.

Ostro (1998) juga meneliti tentang penyakit pernapasan yang diderita oleh anak-anak di Santiago, Chile akibat polusi udara yang disebabkan oleh partikel debu ( $PM_{10}$ ), dengan metode *dose response function*. Data yang digunakan diperoleh dari rumah sakit umum di Santiago. Hasil penelitian menunjukkan bahwa polusi udara menimbulkan dampak buruk terhadap kesehatan pernapasan anak-anak di Santiago. Manfaat yang dapat diperoleh dari penurunan polusi udara akibat  $PM_{10}$  adalah menurunnya gejala penyakit pernapasan yang diderita anak-anak.

Penurunan polusi udara diteliti oleh Cesar dkk. (2002), yang tergabung dalam The Mexico Air Quality Management Team. Penelitian ini menganalisis penilaian dampak ekonomi akibat polusi udara dan manfaat yang diperoleh dari penurunan polusi udara, yang diproyeksikan pada tahun 2010. Penurunan polusi udara ini menggunakan empat skenario, yaitu 10 persen penurunan  $PM_{10}$  dan ozon; 20 persen penurunan  $PM_{10}$  dan ozon; menaikkan ambang batas  $PM_{10}$  dan ozon di area metropolitan; dan penurunan 47 persen  $PM_{10}$  dan 68 persen ozon di area metropolitan. Penelitian Cesar menggunakan metode *exposure response function* untuk melakukan estimasi kesehatan masyarakat, yang mengkombinasikan antara peta jumlah penduduk dengan peta kualitas udara. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa estimasi manfaat yang diperoleh dari penurunan 10 persen polusi udara oleh  $PM_{10}$  dan penipisan ozon adalah sebesar US \$ 760 juta per tahun dan sebesar 1,49 miliar per tahun untuk penurunan 20 persen.

Gallasi (2000) melakukan penelitian yang hasilnya menunjukkan bahwa penurunan kandungan  $PM_{10}$  di udara diperkirakan memberikan manfaat lebih besar US \$ 100 juta jika dibandingkan dengan akibat penipisan ozon. Penurunan kandungan  $PM_{10}$  di delapan kota besar di Italia dengan populasi penduduk lebih dari 400.000 pada sensus 1991 menyebabkan penurunan tingkat kematian dini per tahun.

Evi Gravitioni (2003) meneliti tentang valuasi ekonomi dampak gas buang kendaraan bermotor di Kota Yogyakarta dengan menggunakan metode *dose response function*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total biaya kompensasi kesehatan akibat polusi  $PM_{10}$  dan

timbangan masing-masing sebesar Rp. 765.676.829.872,- dan Rp. 1.206.795.983.715,-. Dengan menggunakan metode exposure response function diperoleh hasil bahwa jika kandungan PM<sub>10</sub> dan timbal di Kota Yogyakarta diturunkan 10% maka keuntungan yang diperoleh masing-masing sebesar Rp. 859.237.226.135,- dan Rp. 37.510.551.955,-.

Biaya ekonomi yang dikeluarkan pemerintah India untuk mengatasi polusi udara yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan biaya internasional ditunjukkan Lvovsky (1998) dalam penelitiannya. Penelitian Lvovsky juga menunjukkan dampak PM<sub>10</sub> terhadap kesakitan dan kematian dini akibat polusi udara yang terjadi di negara berkembang dengan metode dose-response function. Menurut Lvovsky, walaupun metode dose response function seringkali digunakan di negara-negara industri, dapat digunakan di negara berkembang dengan penyesuaian paritas daya beli (purchasing power parity) di negara yang menjadi obyek penelitian.

Penelitian yang dilakukan oleh Tim Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (2000), menyatakan bahwa terdapat pengaruh positif antara gas buang kendaraan bermotor dengan kesehatan masyarakat di Kabupaten Sleman. Penelitian Tim AKDL menunjukkan bahwa kadar timbal di udara terbuka masih di bawah baku mutu Lingkungan, sebesar 2,0 µg/m<sup>3</sup> per hari. Tetapi dengan peningkatan aktivitas ekonomi masyarakat akan meningkatkan kadar timbal, bila tidak dilakukan usaha untuk menanggulunginya. Tanda-tanda klinis keracunan timbal, dan hanya 10,7 persen yang menyatakan keluhan keracunan. Tabel berikut ini menyajikan beberapa ringkasan penelitian terkait dengan studi yang akan dilakukan.

Tabel 2. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Metode Analisis	Hasil
1.	Clark, dkk. (2005)	CVM	Faktor yang berpengaruh terhadap willingness to pay adalah faktor psikologis dan faktor resiko banjir
2.	Rahmatizadeh dkk.	GIS	Sistem yang dikembangkan sebagai environmental decision support system (EDSS) dapat digunakan secara efektif dalam memonitor dan mengatur polutan yang berbeda
3.	Gualtieri dan Tartaglia	GIS	Model GIS cocok untuk digunakan oleh pemerintah daerah untuk meramalkan kondisi tingkat polusi di perkotaan, mengintegrasikan pengukuran jaringan pemantauan, dan memperkirakan sensitivitas tingkat polusi untuk variable distribusi arus lalu lintas dan kondisi udara
4.	Murty dkk.(2003)	Hedonic price	Terdapat hubungan positif antara marginal WTP dan variable pendapatan dan pendidikan
5.	Moaz (2005)	Hedonic price	Tingkat polusi menurunkan nilai rumah. Rata-rata MWTP untuk setiap penurunan konsentrasi TSP adalah US\$ 60.00
6.	Patrick (2006)	Hedonic price	Besarnya uang yang mau dibayarkan rumah tangga untuk setiap pengurangan 1 unit konsentrasi PM <sub>10</sub> memiliki median sebesar \$149 sampai \$185
7.	Cowell & Zeng (2003)	GIS	Mengintegrasikan teori ketidakpastian dengan menggunakan SIG sebagai pemodelan wilayah rawan akibat perubahan cuaca
8.	Ostro (1996)	Dose response relationship	Terdapat hubungan positif antara dampak kesehatan dengan bertambahnya tingkat polusi udara di Jakarta

No.	Nama	Metode Analisis	Hasil
9.	Harmaini (1996)	<i>Dose response relationship</i>	<i>Estimasi total kerugian masyarakat akibat polusi udara adalah 4,15 triliun</i>
10.	Ostro (1998)	<i>Dose response function</i>	<i>Polusi udara menimbulkan dampak buruk terhadap kesehatan pernapasan anak-anak di Santiago. Penurunan polusi udara akibat PM10 menyebabkan penurunan gejala penyakit pernapasan pada anak-anak</i>
11.	Cesar dkk. (2002)	<i>exposure response function</i>	<i>Estimasi manfaat dari penurunan 10% polusi udara oleh PM10 dan penipisan ozon sebesar US\$760 juta per tahun</i>
12.	Gallasi (2000)	<i>exposure response function</i>	<i>Penurunan kandungan PM10 memberikan manfaat lebih besar dari US\$100 juta per tahun jika dibandingkan dengan dengan akibat penipisan ozon</i>
13.	Evi (2003)	<i>Dose response function</i> <i>exposure response function</i>	<i>Total biaya kompensasi kesehatan akibat polusi PM10 dan timbal masing-masing Rp.765 miliar dan Rp 1,2 triliun. Penurunan kandungan PM10 dan timbal sebesar 10% akan memberikan keuntungan masing-masing sebesar Rp 859 miliar dan Rp 37 miliar</i>

Sumber: Berbagai artikel publikasi

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini akan mengidentifikasi wilayah yang memiliki polusi udara tertinggi di Daerah Istimewa Yogyakarta yang akan dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (GIS) sehingga diharapkan dapat memperkirakan manfaat bagi rumah tangga lokal untuk mengurangi polusi udara ke tingkat yang aman di kabupaten/kota di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemetaan polusi udara (khususnya CO dan PM10) di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Metode yang digunakan untuk identifikasi adalah Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG mampu untuk memetakan informasi ke dalam suatu koordinat geometric, dan mengidentifikasi hubungan antar obyek dalam peta, serta memproses sifat geometric obyek tersebut dalam konteks spasial. Adapun teknik yang digunakan dalam memetakan wilayah yang memiliki polusi udara tertinggi (khususnya karbonmonoksida dan PM10) adalah Kriging. Dengan menggunakan teknik ini maka akan diperoleh peta isokonsentrasi parameter CO dan PM 10 yang nantinya juga dilakukan tumpang-susun dengan blok bangunan dan Ruang Terbuka Hijau. Hal ini dimaksudkan agar dapat diidentifikasi wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO dan PM10 tertinggi di Daerah Istimewa Yogyakarta, yang nantinya akan dilakukan valuasi ekonomi untuk mengetahui pengaruh polusi udara terhadap nilai bangunan/properti.

## METODE PENELITIAN

Data yang diperlukan untuk melakukan pemetaan wilayah yang memiliki polusi udara tertinggi di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di antaranya adalah 1) Peta RBI Daerah Istimewa Yogyakarta skala 1:25.000; 2) Peta geologi lembar Yogyakarta skala 1:100.000; 3) Informasi jalan; 4) Informasi sungai; 5) Informasi penggunaan lahan; 6) Data titik sampling pengambilan sampel konsentrasi CO dan PM10; 7) Data konsentrasi CO dan PM10 di 5 kabupaten/kota di DIY. Data-data tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber terkait seperti BAPEDALDA, Dinas Pekerjaan Umum, Badan Lingkungan Hidup, Pemerintah Daerah masing-masing Kabupaten di DIY dan sebagainya. Pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka disertai dengan metode survei. Adapun penggunaan kedua metode tersebut ditujukan untuk mencocokkan peta tematik dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

Sebagai alat analisis, Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam penelitian digunakan dalam dua skenario, yakni metode *Neighborhood Operation* dan metode Indeks Skoring Kerawanan Banjir. Metode *Neighborhood Operation* ini digunakan untuk mengetahui potensi kerawanan banjir ditinjau dari tingkat ketinggian wilayah dan skenario tingginya genangan karena banjir. Sedangkan metode Indeks Skoring Kerawanan Banjir lebih didasarkan pada faktor-faktor penyebab banjir dalam suatu wilayah. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah bentuk lahan, infiltrasi, tekstur dan lereng.

Secara umum Sistem Informasi Geografis harus dilakukan dengan tahapan-tahapan. Pada tahap pertama penelitian ini Sistem Informasi Geografi diperlukan untuk menentukan karakteristik daerah dengan potensi bencana yang mungkin timbul. Menurut Juppenlatz & Tian (dalam Kuncoro, 2002), SIG pada dasarnya adalah jenis khusus sistem informasi yang memperhatikan representasi dan manipulasi realita geografi. SIG mentransformasikan data menjadi informasi dengan mengintegrasikan sejumlah data yang berbeda, menerapkan analisis fokus dan menyajikan output dalam pengambilan keputusan.

Menurut definisi Esri90 (dalam Prahasta, 2005), disebut bahwa SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras computer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, mengupdate, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi. Sedangkan menurut Foote (1995) dalam Prahasta (2005) disebutkan bahwa sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang tereferensi secara spasial atau koordinat-koordinat geografi. Dengan kata lain, SIG merupakan sistem basis data dengan kemampuan-kemampuan khusus untuk data yang tereferensi secara geografis berikut sekumpulan operasi-operasi yang mengelola data tersebut.

Salah satu karakter SIG yang membedakan dengan sistem informasi yang lain adalah kemampuannya untuk memetakan informasi ke dalam suatu koordinat geometrik, dan mengidentifikasi hubungan antarobyek dalam peta, serta memproses sifat geometrik obyek tersebut dalam konteks spasial. Menurut Subaryono (1990), beberapa operasi utama SIG adalah: (1) Pengorganisasian data multi disiplinier dari berbagai sumber yang mempunyai variabel utama lokasi dan waktu; pengorganisasian data tersebut meliputi penyimpanan, pemanggilan data spasial, numeris, dan tekstual yang berhubungan dengan lokasi geografis; (2) Perbandingan dan/atau kombinasi dua atau lebih variabel dengan referensi geografis (misalnya dengan operasi overlay) untuk mengeksplorasi dan memudahkan hubungan antara variabel; dan (3) Penampilan informasi mengenai kemungkinan perubahan daerah berdasarkan data yang ada sekarang serta skenario ditetapkan sebelumnya.

Menurut Kuncoro (2002) aplikasi SIG di Indonesia telah tersebar luas dewasa ini. Sebagai contoh, Direktorat Jenderal Pertambangan menggunakan SIG untuk mempersingkat prosedur cadangan dan penggunaan area kontrak kerja, serta menentukan ketersediaan tanah untuk aplikasi (East Asian Executive Reports, 1996).

Prosedur standar dalam merancang dan menggunakan SIG, yaitu: pengumpulan data, pengolahan data awal, kontruksi basis data, analisis dan kajian spasial, dan penyajian grafis. Data-data yang dimasukkan tentu saja menyesuaikan kebutuhan analisis studi. Secara lengkap dapat disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 3. Prosedur dan Aktifitas Utama dalam SIG

<p><i>Memperoleh data</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Pemberian angka pada peta-peta dan dokumen-dokumen termasuk juga pengkodean data, verifikasi data, dan pengoreksian kesalahan.</i></li> <li>▪ <i>Menjelaskan sekumpulan data yang telah ada, khususnya data kondisi geografis diantaranya tinggi permukaan tanah, sungai dan anak sungai, intensitas curah hujan, penggunaan lahan, data tentang wilayah administratif. Data-data tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber terkait seperti Badan Pusat Statistik, Badan Meteorologi dan Geofisika, Pemerintah Daerah masing-masing Kabupaten di DIY</i></li> <li>▪ <i>Menyelenggarakan survei primer.</i></li> </ul>
<p><i>Persiapan pengolahan data</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Menginterpretasikan atau mengklasifikasikan data yang dapat dari survei.</i></li> <li>▪ <i>Menyusun struktur data digital untuk memilih model spasial/ruang (berdasarkan obyek, jaringan, dan lapangan)</i></li> <li>▪ <i>Mentransformasikan/ merubah menjadi sistem koordinat biasa/umum.</i></li> </ul>
<p><i>Pengkonstruksikan data dasar atau database (penyimpanan data dan pemanggilan kembali data )</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Membuat model dari konsep data</i></li> <li>▪ <i>Menetapkan struktur data base</i></li> <li>▪ <i>Menetapkan prosedur terbaru</i></li> <li>▪ <i>Mengirim data ke database</i></li> </ul>
<p><i>Penelitian spasial/lokasi/ wilayah beserta analisisnya</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Pemanggilan data berdasarkan lokasi</i></li> <li>▪ <i>Pemanggilan data berdasarkan kelas atau atribut.</i></li> <li>▪ <i>Menemukan lokasi yang paling cocok berdasarkan kriteria.</i></li> <li>▪ <i>Mencari pola, kelompok, jalur, dan interaksi.</i></li> <li>▪ <i>Membuat model dan mensimulasikan pada fenomena fisik dan sosial.</i></li> </ul>
<p><i>Tampilan secara grafik (visualisasi dan interaksi</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Menciptakan peta</i></li> <li>▪ <i>Menggali data</i></li> <li>▪ <i>Menciptakan tampilan 3 dimensi</i></li> <li>▪ <i>Membuat laporan.</i></li> </ul>

Sumber: Disadur dari Jones (1996)

Tiap daerah memiliki keunikan dan serangkaian dinamisasi potensial bahaya. Ketika diketahui wilayah tertentu diketahui memiliki kerawanan dan dihuni oleh banyak orang maka dapat segera dilakukan tindakan untuk mengurangi kerugian yang ditimbulkan. Menurut Connors (2006) SIG dapat digunakan untuk mengakses risiko potensial yang mungkin terjadi. SIG mengintegrasikan satuan data-data yang berbeda untuk memberikan gambaran kasar dampak bencana alam terhadap masyarakat.

Penggunaan SIG telah banyak dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah potensi bencana. Di antara yang menggunakan metode ini misalnya seperti yang dilakukan

oleh Wood dan Good (2004) yang menggunakan SIG untuk mengidentifikasi kerawanan pada bandara dan pelabuhan akibat gempa bumi dan tsunami, Rashed (2003), mengukur konteks lingkungan pada kerawanan sosial akibat gempa bumi, Dai, et.al (2003) mengukur karakteristik hujan untuk yang menyebabkan tanah longsor, Parson, et.al (2004) menggunakan SIG untuk mengidentifikasi bencana banjir dan rencana mitigasi bencana, Zerger (2002) menggunakan SIG untuk menguji model risiko bencana, dan Cowell & Zeng (2003) mengintegrasikan teori ketidakpastian dengan menggunakan SIG sebagai pemodelan wilayah rawan akibat perubahan cuaca.

Pemodelan polusi udara pada penelitian ini menggunakan teknik Kriging. Kriging adalah sekelompok teknik geostatistika untuk menginterpolasi nilai bidang acak (misalnya, elevasi,  $z$ , dari lanskap sebagai suatu fungsi dari lokasi geografis) di lokasi yang tidak teramati dari pengamatan nilainya di lokasi terdekat. Teori di balik interpolasi dan ekstrapolasi dengan kriging dikembangkan oleh ahli matematika Perancis Georges Matheron berdasarkan tesis Master Daniel Gerhardus Krige.

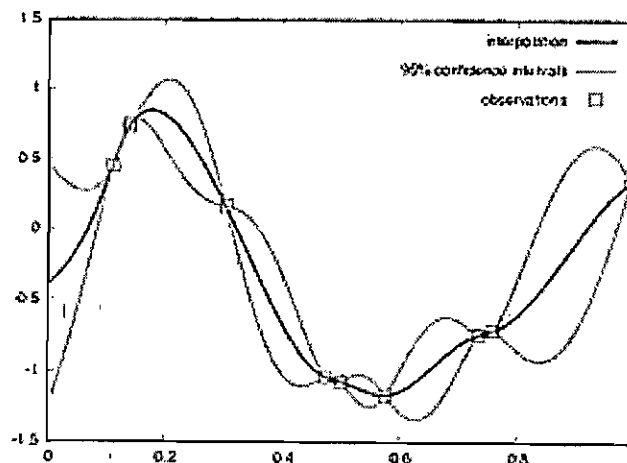
Kriging termasuk estimasi kuadrat terkecil linier. Seperti diilustrasikan dalam Gambar 3, tujuan kriging adalah untuk memperkirakan nilai dari sebuah fungsi bernilai real yang tidak diketahui,  $f$ , pada suatu titik,  $x^*$ , given nilai-nilai fungsi pada beberapa titik yang lain,  $x_1, \dots, x_n$ . Sebuah estimator kriging dikatakan linier karena nilai prediksi  $\hat{f}(x^*)$  adalah kombinasi linear yang dapat ditulis sebagai

$$\hat{f}(x^*) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(x^*) f(x_i)$$

Bobot  $\lambda_i$  adalah solusi bagi suatu system persamaan linier yang diperoleh dengan mengasumsikan bahwa  $f$  adalah suatu jalur sampel dari proses random  $F(x)$  dan kesalahan prediksi

$$\varepsilon(x) = F(x) - \sum_{i=1}^n \lambda_i(x) F(x_i)$$

harus diminimalkan dalam beberapa pengertian. Misalnya, asumsi kriging sederhana adalah bahwa mean dan kovarians dari  $F(x)$  adalah diketahui dan kemudian, prediktor kriging adalah salah satu yang meminimalkan varians dari kesalahan prediksi.



Gambar 1. Contoh interpolasi data satu-dimensi dengan Kriging

Penggunaan teknik Kriging dengan interval keyakinan (confidence interval). Kuadrat menunjukkan lokasi data. Interpolasi kriging berwarna merah. Interval kepercayaan berwarna hijau (lihat Gambar 1).



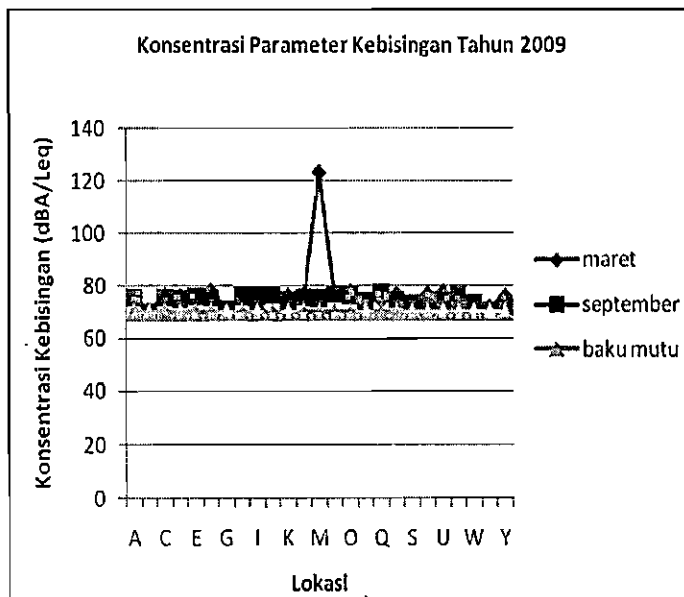
**PEMBAHASAN**

**1. Kondisi Kebisingan di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta**

Kondisi tingkat kebisingan dari 25 lokasi pemantauan menunjukkan bahwa selama 4 (empat) periode pemantauan, di semua lokasi pemantauan berkisar antara 70.1-123.3 dBA. Baku mutu Tingkat Kebisingan yang dipersyaratkan adalah sebesar 70 dBA. Tingkat kebisingan tertinggi sebesar 123.3 dB(A) berada di depan Kampus STTL, Jalan Janti Gedong Kuning pada bulan Maret 2009.

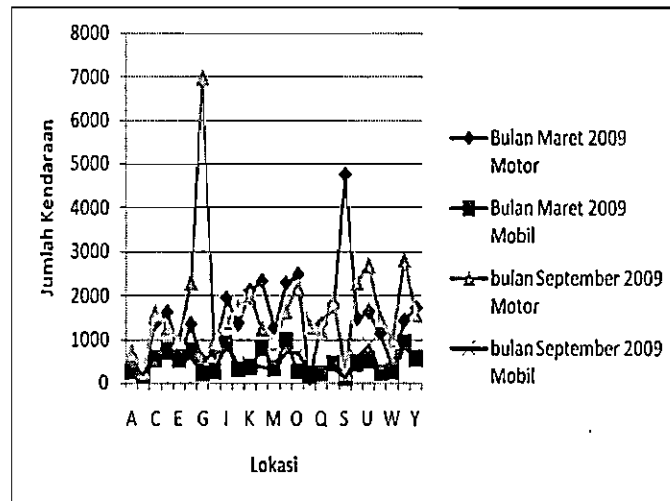
Sedangkan untuk tingkat Kebisingan terendah sebesar 70.1 dB (A) berada di Simpang tiga Toyan pada bulan September 2009. Tingginya tingkat Kebisingan di Kota Yogyakarta menimbulkan dampak antara lain dapat mengganggu ketenangan pikiran, mengarah kepada peningkatan emosional, serta tidak adanya kenyamanan lingkungan.

Hampir di semua titik lokasi pemantauan udara di Daerah Istimewa Yogyakarta, jumlah kendaraan bermotor mengalami peningkatan yang cukup signifikan, baik kendaraan jenis motor maupun mobil.



Gambar 2. Konsentrasi Parameter Kebisingan Tahun 2009

Berdasarkan gambar 2. tersebut menunjukkan bahwa pengendara sepeda motor di kota Yogyakarta mencapai hingga 6990, yakni di lokasi Terminal Wates pada bulan Spetember 2009. Sedangkan pada bulan Maret 2009, terdapat 4749 sepeda motor yang melintas di depan Pasar Beringharjo. Kondisi ini dapat diasumsikan bahwa sumber pencemar udara di Kota Yogyakarta sebagian besar berasal dari gas buang sepeda motor dan mobil, serta tingkat kebisingan yang tinggi dari kepadatan sepeda motor dan mobil. Hal ini perlu diwaspadai, dikarenakan akan menimbulkan kondisi yang tidak nyaman di Kota Yogyakarta.



Gambar 3. Jumlah Kendaraan di Lokasi Pemantauan Udara 2009

Tabel 4. Konsentrasi Kebisingan (dBA)

Bulan Maret dan September Tahun 2009

Kode Lokasi	Lokasi	Konsentrasi	
		Maret	September
A	Simpang empat Ngemplang	75.3	75.8
B	Simpang tiga Toyan	70.9	70.1
C	Perempatan Wojo, Jl.Imogiri	76.7	75.8
D	Perempatan Druwo	76	75.2
E	Depan GKBI Medari, Sleman	75	76.4
F	Perempatan Denggung	78.3	75.9
G	Terminal Wates, Kulon Progo	71.3	71.2
H	Simpang lima, Karangnongko	75	76.5
I	Depan UPN Seturan	71.4	76.5
J	Depan Ruko Bayeman	76.4	77
K	Depan Mirota Godean	76.4	74.8
L	Depan Ruko Janti	76.7	75.8
M	Depa Kampus STTL	123.33	75.6
N	Depan Pizza Hut	77.6	77.3
O	Depan Hotel Saphir	77.9	76.7
P	Depan Toko Besi, Selatan Ring Road	75	74.6
Q	Perempatan Gose, Jl. Bantul	74.7	77.4
R	Depan RS. PKU Muhammadiyah	76.8	74.9
S	Depan Pasar Beringharjo	73.9	73.7
T	Depan Bekas Kantor Merapi Golf	76.9	72
U	Perempatan Mirota Kampus	77.6	74.3
V	Depan Pasar Sepeda Jl Menteri Supeno, Yogya	72.2	77.6
W	Depan Hotel Matahari, Jl. Parangtritis, Yogyakarta	72.6	73.7
X	Depan TVRI, Jl. Magelang	71.9	70.6
Y	Depan Kantor Kecamatan Jetis, Jl. Diponegoro	76.1	72.3

Sumber: Pengukuran Lapangan, 2009

## 2. Hasil Analisis Parameter Karbon Monoksida (Co) dengan Menggunakan Teknik Kriging

Karbonmonoksida (CO) terbentuk dari gabungan antara Karbon dan Oksigen sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Senyawa CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu haemoglobin. Karbon monoksida di lingkungan dapat terbentuk secara alamiah, tetapi sumber utamanya adalah dari kegiatan manusia.

Karbonmonoksida buatan antara lain berasal dari kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar bensin. Menurut perkiraan, jumlah CO dari sumber buatan diperkirakan mendekati 60 juta ton per tahun. Separuh dari jumlah ini berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan sepertiganya berasal dari sumber tidak bergerak seperti pembakaran batubara dan minyak dari industri dan pembakaran sampah domestik. WHO (1992) menyatakan bahwa setidaknya 90% dari CO di udara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor. Sedangkan karbonmonoksida (CO) yang berasal dari dalam ruang (indoor) meliputi tungku dapur rumah tangga dan tungku pemanas ruang. Beberapa studi menemukan bahwa kadar CO yang cukup tinggi terdapat pada kendaraan sedan maupun bus.

Kadar karbonmonoksida (CO) di perkotaan cukup bervariasi tergantung dari kepadatan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin. Pada umumnya kadar CO maksimum saat jam-jam sibuk pada pagi dan malam hari. Variasi dari kadar CO bervariasi juga dipengaruhi oleh topografi jalan dan bangunan disekitarnya.

Karbonmonoksida (CO) memiliki kemampuan untuk mengikat haemoglobin, pigmen sel darah merah yang mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Sifat ini menghasilkan pembentukan karboksihaemoglobin (HbCO) yang 200 kali lebih stabil dibandingkan oksihemoglobin (HbO<sub>2</sub>). Relatif lambatnya penguraian HbCO menyebabkan terhambatnya kerja molekul sel pigmen tersebut dalam fungsinya membawa oksigen ke seluruh tubuh. Hal ini dapat menyebabkan keracunan. Dampak keracunan CO sangat berbahaya bagi orang yang telah menderita gangguan pada otot jantung atau sirkulasi darah perifer yang parah.

Kadar CO di beberapa lokasi di DIY Yogyakarta juga dijumpai dari emisi gas buang kendaraan yang semakin padat, serta belum adanya kontrol yang ketat terhadap saluran-saluran pembuangan yang menyumbang asap. Dapat diasumsikan bahwa, semakin padat transportasi kendaraan bermotor menyumbang semakin tinggi kadar CO di udara maka akan semakin tinggi tingkat polusi CO di udara.

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas di berbagai lokasi ternyata kandungan Karbon monoksida (CO) di semua titik pengukuran masih di bawah Baku Mutu Udara Ambien yang dipersyaratkan. Meskipun masih di bawah baku mutu yang dipersyaratkan, di Kabupaten Bantul khususnya di perempatan Ketandan, Jl. Wonosari, Bantul memiliki konsentrasi CO tertinggi dibandingkan lokasi-lokasi pengambilan sampel yang lain.

Tabel 5. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi CO di Udara Tahun 2010 di Kabupaten Bantul

Lokasi	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa
<i>Depan Brimob, Jl. Imogiri Timur, Bantul</i>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	30.000	3.699
<i>Perempatan Jejeran, Jl. Imogiri Timur, Bantul</i>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	30.000	6.351
<i>Perempatan Ketandan, Jl. Wonosari, Bantul</i>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	30.000	6.766
<i>Pertigaan Pasar Piyungan Lama, Jl. Wonosari, Bantul</i>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	30.000	3.853
<i>Perempatan Madukismo, Jl. Ringroad Selatan, Bantul</i>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	30.000	3.303
<i>Perempatan Klodran, Jl. Bantul Km.10 Bantul</i>	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	30.000	4.610

Di Kabupaten Kulon Progo, konsentrasi CO masih di bawah ambang batas baku mutu yang dipersyaratkan. Dengan baku mutu sebesar 35 ppm, konsentrasi CO di Kabupaten Kulon Progo masih jauh di bawahnya yaitu berkisar dari 0,33-5,4 ppm.

Tabel 6. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi CO di Udara Tahun 2010 di Kabupaten Kulon Progo

Lokasi	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisis
Kurnia Bumi Pertiwi	ppm	35	1,33
Gadingan Wates	ppm	35	0,33
Simpang lima Wates	ppm	35	2
PT. Selo Adikarto	ppm	35	5,4

Sementara itu konsentrasi CO di Kabupaten Gunung Kidul, konsentrasi CO juga masih jauh di bawah ambang batas yang dipersyaratkan yaitu berkisar antara 1-4 ppm dengan baku mutu 35 ppm.

Tabel 7. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi CO di Udara Tahun 2010 di Kabupaten Gunung Kidul

Titik Lokasi	Satuan	Baku Mutu/ NAB	Hasil Analisa
Perempatan Karangtengah, Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	2
Perempatan Karangmojo, Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	2
Depan Pasar Semin, Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	2

Pertigaan Bedoyo, Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	Di bawah LOD
Pertigaan Alun- alun	ppm	35	2
Lapangan Parkir/ Pasar Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	4
Mulo, Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	1
Mijahan, Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	Di bawah LOD
Pertigaan Sambipitu, Wonosari, Gunungkidul	ppm	35	3

Keterangan:

1. Baku mutu CO, berdasarkan Baku Mutu Udara Ambient Daerah di Propinsi DIY No.153 tahun 2002
2. CO \*)= belum termasuk lingkup akreditasi

Di Kota Yogyakarta, konsentrasi CO masih di bawah ambang batas baku mutu, akan tetapi jika dibandingkan dengan tiga kabupaten sebelumnya, konsentrasi CO masih lebih tinggi. Konsentrasi CO di Kota Yogyakarta berkisar antara 3-11 ppm. Konsentrasi CO yang lebih tinggi ini mungkin dikarenakan jumlah kendaraan di Kota Yogyakarta yang lebih banyak daripada di tiga kabupaten lain yaitu Bantul, Kulon Progo dan Gunung Kidul.

Tabel 8. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi CO di Udara Tahun 2010 di Kota Yogyakarta

Lokasi	Satuan	Baku mutu	Hasil Analisa
Depan Ruko Janti	ppm	35	11.0
Depan Kampus STTL	ppm	35	3.0
Depan Pizza Hut	ppm	35	6.0
Depan Hotel Saphir	ppm	35	7.0
Depan Toko Besi, Selatan Ring Road	ppm	35	9.0
Depan RS. PKU Muhammadiyah	ppm	35	11.0
Depan Pasar Beringharjo	ppm	35	9.0
Perempatan Mirota Kampus, Jl. C. Simanjuntak,	ppm	35	10.0
Depan Pasar Sepeda Jl. Menteri Supeno	ppm	35	3.0
Depan Hotel Matahari, Jl. Parangtritis,	ppm	35	4.0
Depan Kantor Kecamatan Jetis, Jl. Diponegoro	ppm	35	10.0

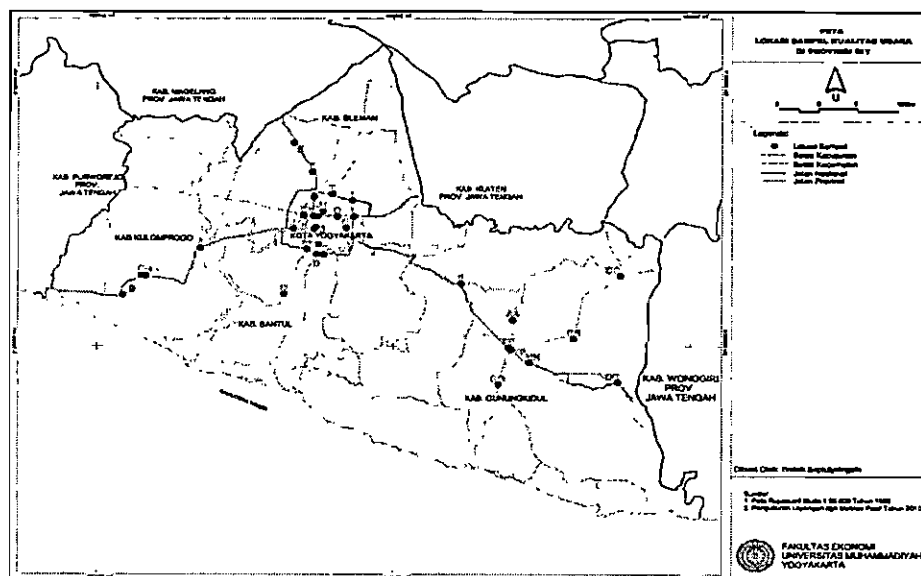
Konsentrasi CO tertinggi di Propinsi DIY dialami oleh Kabupaten Sleman, di mana konsentrasi CO telah jauh melebihi ambang batas baku mutu yang dipersyaratkan yaitu 30.000 µg/m<sup>3</sup>. Hampir di semua titik lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Sleman memiliki konsentrasi CO yang sangat tinggi yaitu berkisar antara 113.995 sampai dengan 220.610. Hal ini dimungkinkan karena di Kabupaten Sleman terdapat banyak pusat-pusat perdagangan dan pusat pendidikan yang menuntut sarana transportasi yang cukup banyak, sehingga gas CO yang merupakan salah satu hasil gas buang kendaraan bermotor terkonsentrasi di beberapa titik lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Sleman ini.

Tabel 9. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi CO di Udara Tahun 2010  
di Kabupaten Sleman

Lokasi	Satuan	Baku mutu	Hasil Analisa
Simpang empat Condong catur	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.000	188.436
Simpang Empat UPN Mancasan Kidul Yogyakarta	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.000	220.610
Depan Ambarukmo Plaza Caturtunggal Depok	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.000	113.955
Simpang Tiga UIN Papingan Caturtunggal Depok	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.000	113.955
Simpang Tiga Gejayan Depan Hotel Yogyakarta Plaza	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.000	202.637

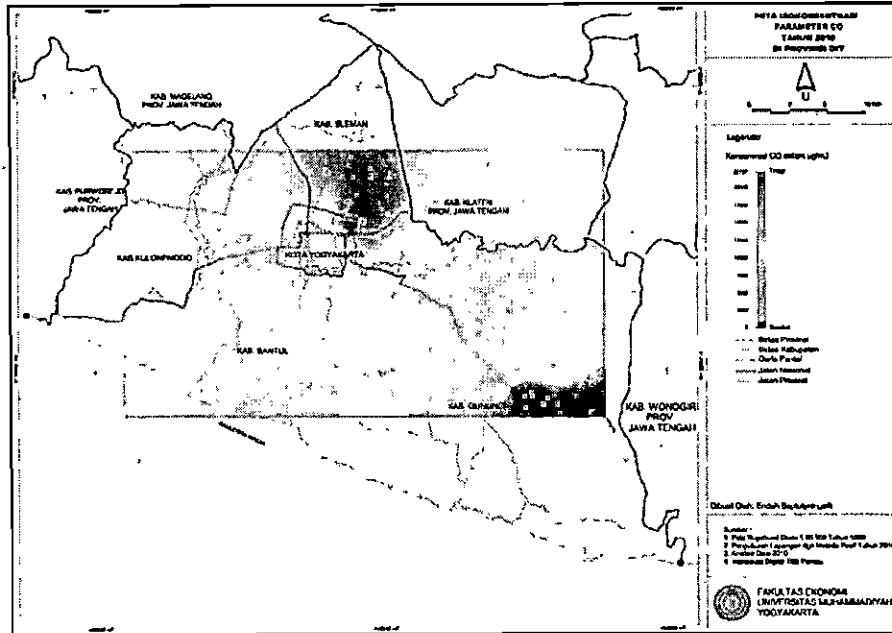
Akibat tercemarnya udara oleh karbonmonoksida (CO) adalah meningkatnya penderita ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut). Oleh karena itu, perlu kebijakan dari pemerintah terkait kelayakan saluran pembuangan kendaraan serta diperlukan kebijakan alternatif jangka panjang terkait pemanfaatan bahan bakar bensin yang ramah lingkungan.

Pemetaan dengan teknik Kriging dilakukan di beberapa titik sampel di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Beberapa titik lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Sampel Kualitas Udara di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

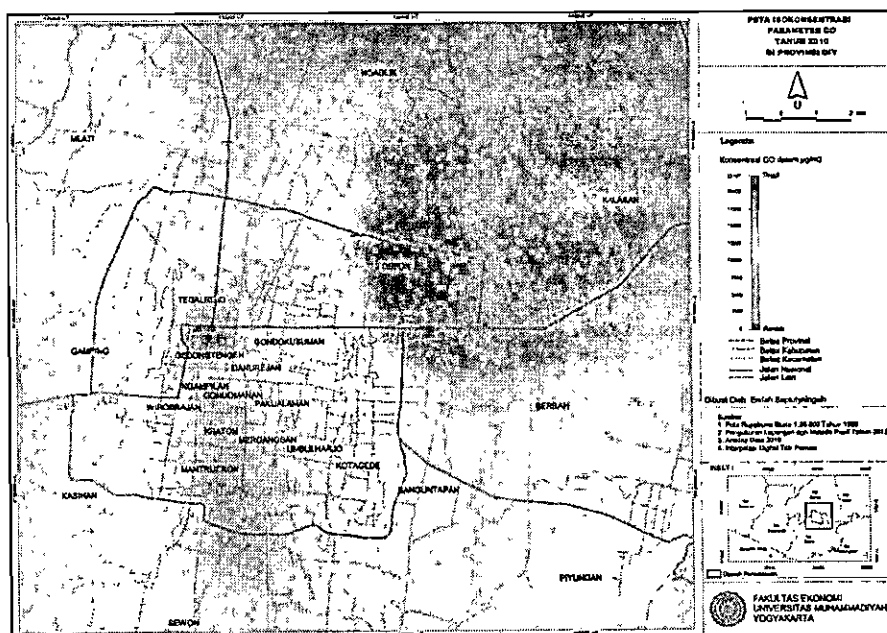
Berdasarkan pada hasil pemantauan konsentrasi CO di 4 kabupaten dan kota Yogyakarta, dengan menggunakan teknik Kriging dapat dipetakan wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO tertinggi di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (dapat dilihat pada gambar 5).



Gambar 5. Peta Isokonsentrasi Parameter CO tahun 2010 di Propinsi DIY

Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO tertinggi berada di Kabupaten Sleman, yang mencakup kecamatan Depok, Ngaglik dan Kalasan. Sedangkan di Kota Yogyakarta meliputi kecamatan Jetis, Gondomanan, Wirobrajan, Kraton, Mantriweron, sebagian wilayah Ngampilan, Gedongtengen, dan Mergangsan (gambar 6).

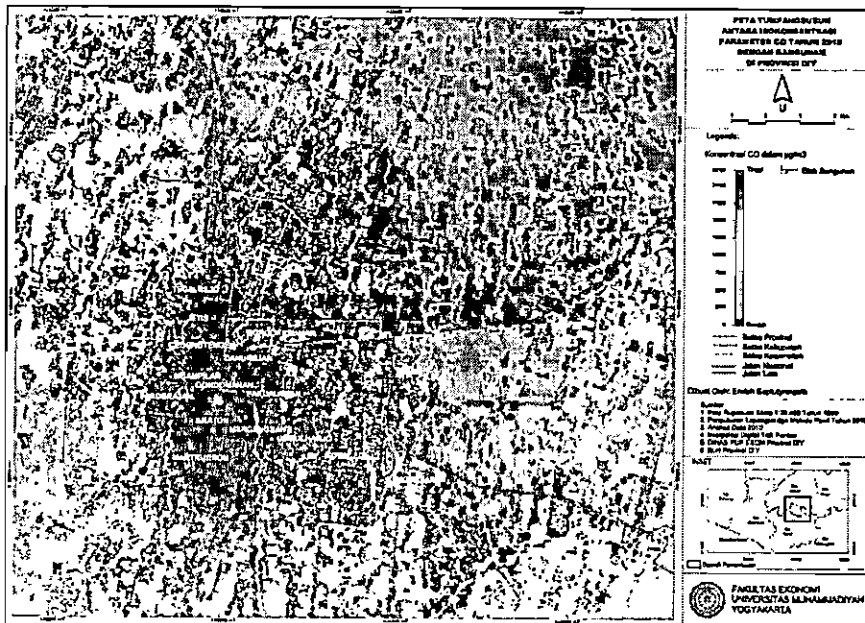
Dengan melakukan tumpang susun antara peta isokonsentrasi parameter CO dengan peta bangunan di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO tertinggi di propinsi DIY, dapat diketahui bahwa wilayah yang memiliki konsentrasi CO di Kabupaten Sleman yang mencakup kecamatan Kalasan memiliki blok bangunan yang relatif sedikit jika dibandingkan dengan Depok yang juga memiliki konsentrasi CO yang tertinggi di propinsi DIY. Banyaknya blok-blok bangunan di Depok dapat dimungkinkan karena di wilayah ini banyak terdapat pemukiman penduduk dan pusat-pusat pendidikan maupun jasa.



Gambar 6. Peta Isokonsentrasi Parameter CO Tahun 2010 di Wilayah-wilayah yang memiliki Konsentrasi CO Tertinggi di Propinsi DIY

Sedangkan di wilayah Kota Yogyakarta yang juga memiliki konsentrasi CO tertinggi di propinsi DIY hampir seluruhnya didominasi oleh blok-blok bangunan. Hal ini dapat dimaklumi karena di wilayah-wilayah seperti kecamatan Jetis, Gondomanan, Wirobrajan, Kraton, Mantrijeron merupakan pusat kota dimana banyak kegiatan perekonomian yang dilakukan di wilayah tersebut.

Banyaknya blok-blok bangunan di Kota Yogyakarta yang memiliki konsentrasi CO tertinggi di Propinsi DIY ini dapat dibuktikan dengan peta tumpang-susun antara isokonsentrasi parameter CO dengan fasilitas umum (lihat gambar 7) di mana di wilayah Jetis banyak terdapat jasa dan pusat kesehatan. Sedangkan di Gondomanan, Wirobrajan, Kraton, Mantrijeron banyak terdapat industri dan jasa dan beberapa pusat kesehatan. Banyaknya pusat-pusat kegiatan ekonomi maupun fasilitas-fasilitas umum lainnya menuntut sarana transportasi yang menghasilkan emisi gas buang kendaraan bermotor, di mana gas CO merupakan salah satu hasil gas buang kendaraan bermotor. Disamping itu, hasil pembakaran yang dihasilkan dari industri-industri juga bisa menyebabkan tingginya konsentrasi CO di wilayah tersebut.

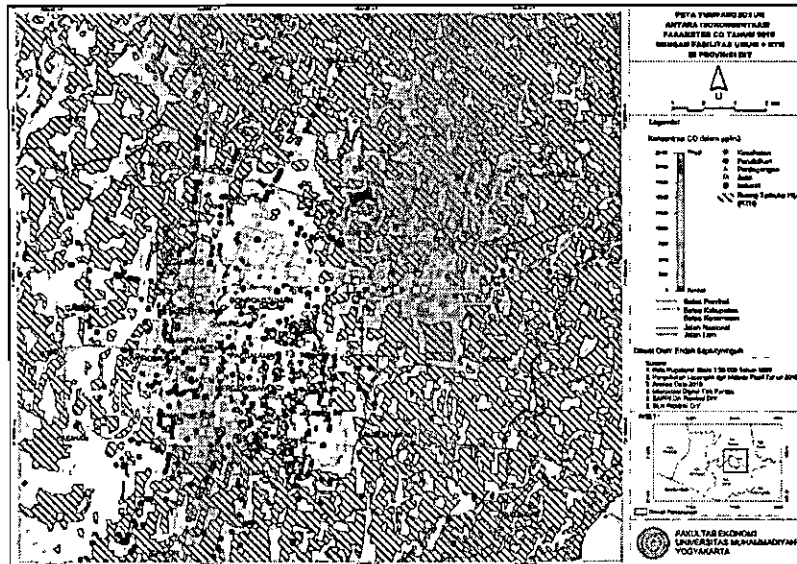


Gambar 7. Peta Tumpang-susun antara Isokonsentrasi Parameter CO dengan Bangunan tahun 2010 di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO tertinggi di Propinsi DIY

Tingginya gas buang kendaraan bermotor maupun hasil pembakaran yang tidak diimbangi dengan keberadaan ruang terbuka hijau (RTH) menyebabkan konsentrasi CO di Kota Yogyakarta menjadi relatif tinggi. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 5.5 di mana di wilayah Kota Yogyakarta masih jarang ditemui ruang terbuka hijau.

Berbeda dengan Kota Yogyakarta, wilayah Depok dan Ngaglik sudah banyak terdapat ruang terbuka hijau (RTH), meski di wilayah-wilayah tertentu tidak terdapat RTH sehingga menyebabkan tingginya konsentrasi CO di wilayah tersebut. Hal ini juga diperparah dengan banyaknya pusat-pusat pendidikan, kesehatan, dan industri-industri yang mengelompok di wilayah tertentu.





Gambar 8. Peta Tumpang-susun antara Isokonsentrasi Parameter CO dengan Fasilitas Umum dan Ruang Terbuka Hijau Tahun 2010 di wilayah-wilayah yang memiliki Konsentrasi CO tertinggi di Propinsi DIY

### 3. Hasil Analisis Parameter Partikel Debu (Pm10) dengan Menggunakan Teknik Kriging

Partikel debu (Suspended Particulate Matter/SPM) merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang terbesar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari  $< 1$  mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Partikel debu tersebut akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama di udara dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan. Selain dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan, partikel debu juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan juga mengadakan berbagai reaksi kimia di udara. PM10 merupakan partikel debu yang berukuran diameter aerodinamik  $< 10$  mikron.

PM10 dapat dihasilkan dari debu tanah kering yang terbawa oleh angin atau berasal dari muntahan letusan gunung berapi, pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung senyawa karbon akan murni atau bercampur dengan gas-gas organik misalnya penggunaan mesin diesel yang tidak terpelihara dengan baik. Pembakaran batu bara yang tidak sempurna sehingga terbentuk aerosol kompleks dari butir-butiran tar akan menghasilkan PM10. Pembakaran minyak dan gas pada umumnya menghasilkan PM10 lebih sedikit. Kepadatan kendaraan bermotor dan pembakaran sampah domestik serta komersial juga merupakan sumber PM10 yang cukup penting. Berbagai proses industri seperti proses penggilingan dan penyemprotan, dapat menyebabkan abu berterbangan di udara, seperti yang juga dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor.

Partikel debu yang berbahaya bagi kesehatan umumnya berkisar antara 0,1 mikron sampai dengan 10 mikron. Partikel debu berukuran sekitar 5 mikron merupakan partikel udara yang dapat langsung masuk kedalam paru-paru dan mengendap di alveoli. Keadaan ini bukan berarti bahwa ukuran partikulat yang lebih besar dari 5 mikron tidak berbahaya, karena partikulat yang lebih besar dapat mengganggu saluran pernafasan bagian atas dan menyebabkan iritasi.

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas di berbagai lokasi ternyata kandungan partikel debu (PM10) di beberapa titik pengukuran masih di bawah Baku Mutu Udara Ambien yang dipersyaratkan. Meskipun masih ada yang melebihi baku mutu, yaitu di titik lokasi depan brimob dan perempatan jejeran (Jl. Imogiri Timur) Kabupaten Bantul jika dibandingkan lokasi-lokasi pengambilan sampel yang lain.

Tabel 10. Data Hasil Pemantauan Kandungan PM10 di Udara Tahun 2010 di Kabupaten Bantul

Lokasi	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa
Depan Brimob, Jl. Imogiri Timur, Bantul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	150	267
Perempatan Jejeran, Jl. Imogiri Timur, Bantul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	150	254
Perempatan Ketandan, Jl. Wonosari, Bantul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	150	92,0
Pertigaan Pasar Piyungan Lama, Jl. Wonosari, Bantul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	150	32,9
Perempatan Madukismo, Jl. Ringroad Selatan, Bantul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	150	83,1
Perempatan Klodran, Jl. Bantul Km.10 Bantul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	150	74,2

Di Kabupaten Kulon Progo, konsentrasi PM10 masih di bawah ambang batas baku mutu yang dipersyaratkan. Dengan baku mutu sebesar  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , konsentrasi CO di Kabupaten Kulon Progo masih di bawahnya yaitu berkisar dari 0,033-194,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabel 11. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi PM10 di Udara Tahun 2010 di Kabupaten Kulon Progo

Lokasi	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisis
Tapak	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	230	194,44
Barat Tapak	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	230	139,08
Kurnia Bumi Pertiwi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	230	35
Gadingan Wates	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	230	0,033
Simpang lima Wates	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	230	0,099
PT. Selo Adikarto	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	230	167

Sementara itu konsentrasi PM10 di Kabupaten Gunung Kidul, konsentrasi PM10 masih di bawah ambang batas yang dipersyaratkan yaitu berkisar antara 33,1-144,81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan baku mutu  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kecamatan Karangmojo memiliki konsentrasi PM10 tertinggi di antara kecamatan-kecamatan lain yang dijadikan lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Gunung Kidul.

Tabel 12. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi PM10 di Udara Tahun 2010 di Kabupaten Gunung Kidul

Titik Lokasi	Satuan	Baku Mutu/ NAB	Hasil Analisa
Perempatan Karangtengah, Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	33,11
Perempatan Karangmojo, Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	144,81
Depan Pasar Semin, Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	52,96
Pertigaan Bedoyo, Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	71,48
Pemda Gunungkidul/ Pertigaan Alun- alun	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	61,09
Lapangan Parkir/ Pasar Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	77,00
Mulo, Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	61,85
Mijahan, Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	77,54
Pertigaan Sambipitu, Wonosari, Gunungkidul	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	61,42

Konsentrasi PM10 di Kabupaten Sleman masih di bawah ambang batas baku mutu yang dipersyaratkan yaitu  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hampir di semua titik lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Sleman memiliki konsentrasi PM10 di bawah baku mutu yang dipersyaratkan, kecuali di simpang empat UPN Mancasan Kidul Yogyakarta. Konsentrasi PM10 di Kabupaten Sleman berkisar antara 91-171  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabel 13. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi PM10 di Udara Tahun 2010 di Kabupaten Sleman

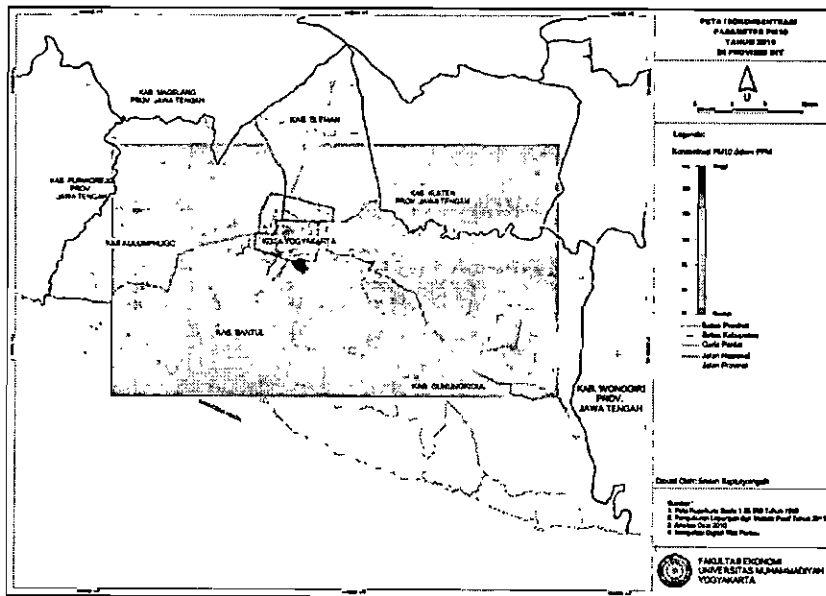
Lokasi	Satuan	Baku mutu	Hasil Analisa
Simpang empat Condong catur	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	105
Simpang Empat UPN Mancasan Kidul Yogyakarta	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	171
Depan Ambarukmo Plaza Caturtunggal Depok	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	102
Simpang Tiga UIN Papringan Caturtunggal Depok	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	91
Simpang Tiga Gejayan Depan Hotel Yogyakarta Plaza	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	125

Konsentrasi PM10 di Kota Yogyakarta di beberapa titik lokasi ada di atas baku mutu yang dipersyaratkan yaitu  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diantaranya Jalan Malioboro dan depan Rumah Sakit PKU. Sedangkan di titik lokasi pengambilan sampel yang lain mendekati baku mutu yang dipersyaratkan, kecuali di Jalan Wates dan Jalan Parangtritis.

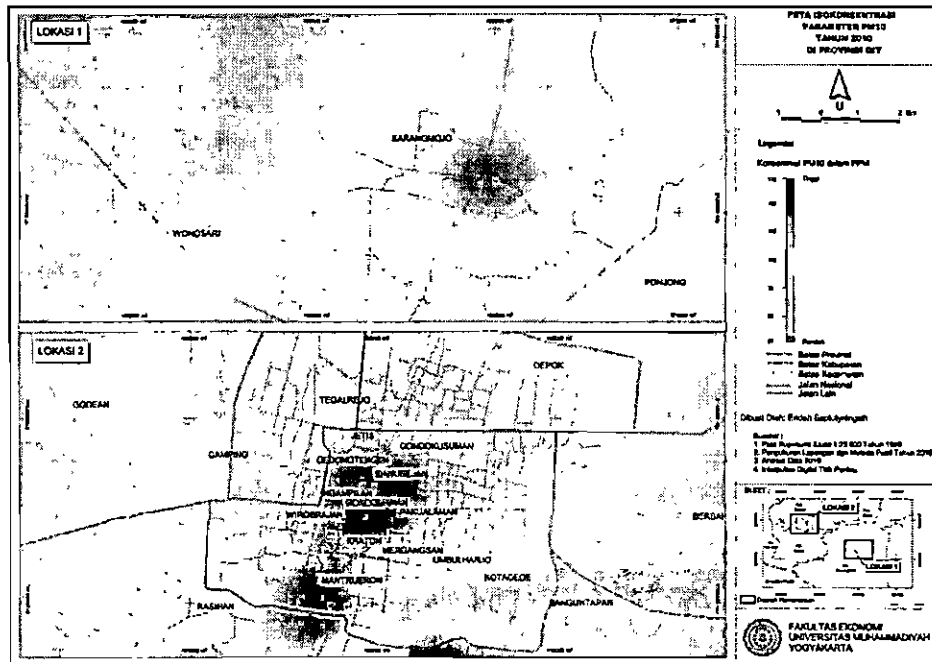
Tabel 14. Data Hasil Pemantauan Konsentrasi PM10 di Udara Tahun 2010 di Kota Yogyakarta

Lokasi	Satuan	Baku mutu	Konsentrasi
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$ April-Mei
Depan Ruko Bayeman, Jl. Wates	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	67
Depan Ruko Janti	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	110
Depan Kampus STTL, Jl.Janti	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	76
Depan Pizza hut, Jl. Jend. Sudirman,	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	121
Depan Hotel Saphir	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	117
Depan RS. PKU Muhammadiyah	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	171
Depan Pasar Beringharjo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	191
Perempatan Mirota Kampus	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	110
Depan Pasar Sepeda Jl Menteri Supeno	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	95
Depan hotel Matahari, Jl. Parangtritis	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	76
Depan Kantor Kecamatan Jetis	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	120

Berdasarkan pada hasil pemantauan konsentrasi PM10 di 4 kabupaten dan kota Yogyakarta, dengan menggunakan teknik Kriging dapat dipetakan wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 tertinggi di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (dapat dilihat pada gambar 9).



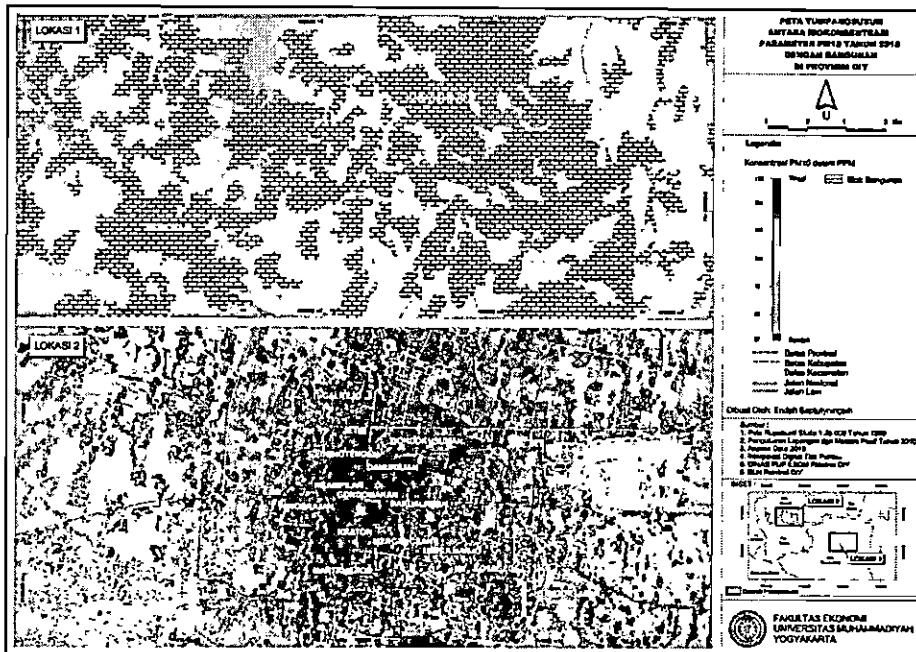
Gambar 9. Peta Isokonsentrasi Parameter PM10 tahun 2010 di Propinsi DIY



Gambar 10. Peta Isokonsentrasi Parameter PM10 tahun 2010 di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 tertinggi Propinsi DIY

Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 tertinggi berada di Kota Yogyakarta, yang mencakup Kecamatan Mantriweron, Kraton, Gondomanan, Ngampilan, Gedongtengen, Danurejan. Selain itu, sebagian wilayah Kecamatan Wirobrajan, Mergangsan, Pakualaman, Jetis dan Gondokusuman juga memiliki konsentrasi PM 10 yang relatif tinggi . Di Kabupaten Gunung Kidul hanya sebagian wilayah kecamatan Karangmojo juga terdapat konsentrasi PM10 yang relatif tinggi (gambar 10).

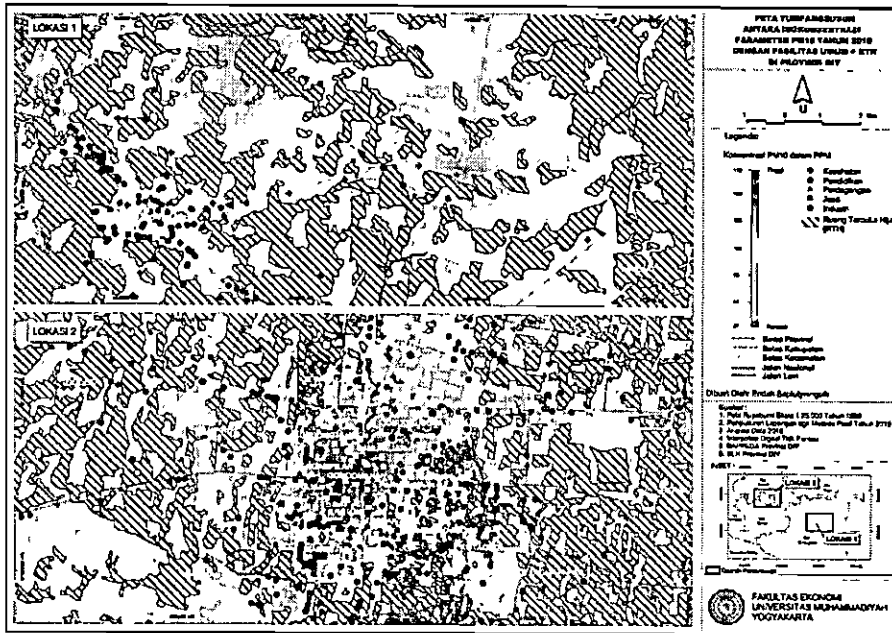
Dengan melakukan tumpang susun antara isokonsentrasi parameter PM10 dengan bangunan di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 tertinggi di propinsi DIY, dapat diketahui bahwa wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 di Kota Yogyakarta hampir seluruhnya didominasi oleh blok-blok bangunan yang mencakup Kecamatan Mantriweron, Kraton, Gondomanan, Ngampilan, Gedongtengen, Danurejan, sebagian wilayah Kecamatan Wirobrajan, Mergangsan, Pakualaman, Jetis dan Gondokusuman. Begitu juga di Kecamatan Karangmojo, Gunung Kidul yang memiliki konsentrasi PM10 relatif tinggi. Sebagian besar wilayahnya merupakan kawasan blok bangunan, meskipun jika dibandingkan dengan wilayah Kota Yogyakarta, kepadatannya masih lebih rendah.



Gambar 11. Peta Tumpang susun antara Isokonsentrasi Parameter PM10 dengan Bangunan tahun 2010 di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 tertinggi di Propinsi DIY

Tingginya konsentrasi PM10 di Kota Yogyakarta propinsi DIY ini dapat dibuktikan dengan peta tumpang susun antara isokonsentrasi parameter PM10 dengan fasilitas umum (lihat gambar 11) di mana di wilayah kecamatan Mantrijeron, Kraton, Gondomanan, Ngampilan, Gedongtengen, Danurejan, sebagian wilayah kecamatan Wirobrajan, Mergangsan, Pakualaman, Jetis dan Gondokusuman banyak terdapat pusat-pusat kegiatan ekonomi maupun fasilitas-fasilitas umum lainnya menuntut sarana transportasi yang menghasilkan emisi gas buang kendaraan bermotor, di mana gas PM10 merupakan salah satu hasil gas buang kendaraan bermotor. Sebagai contoh, di Kecamatan Mantrijeron, Kraton, Gondomanan, Ngampilan, dan Gondokusuman didominasi oleh banyaknya industri-industri dan beberapa pusat kesehatan. Sedangkan sebagian besar jasa mengelompok di Kecamatan Pakualaman, Danurejan, Gedongtengen dan Jetis.

Keberadaan ruang terbuka hijau (RTH) diperlukan untuk mengurangi dampak negatif polusi udara. Dari peta tumpang susun dapat diketahui bahwa tingginya konsentrasi PM10 di Kota Yogyakarta mungkin dikarenakan masih jarang terdapat ruang terbuka hijau. Begitu juga di Kecamatan Karangmojo yang tidak banyak terdapat ruang terbuka hijau, meskipun hanya terdapat beberapa pusat kesehatan dan industri. Akan tetapi di wilayah yang berdekatan dengan Karangmojo, tepatnya di Wonosari, banyak terdapat industri, pusat kesehatan dan jasa-jasa (lihat gambar 12).



Gambar 12. Peta Tumpang-susun antara Isokonsentrasi Parameter PM10 dengan Fasilitas Umum dan Ruang Terbuka Hijau tahun 2010 di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 tertinggi di Propinsi DIY

Berdasarkan peta isokonsentrasi baik untuk parameter CO maupun PM10 dapat diketahui bahwa terdapat beberapa wilayah di propinsi DIY yang memiliki konsentrasi CO dan PM10 yang tertinggi. Di antara beberapa wilayah tersebut merupakan wilayah yang didominasi oleh blok-blok bangunan, di samping terdapat fasilitas umum dan pusat-pusat kegiatan ekonomi. Akan tetapi, masih jarang ditemui ruang terbuka hijau di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO dan PM10 yang relatif tinggi, sehingga perlu dikaji lebih lanjut apakah nilai bangunan yang berada di wilayah-wilayah tersebut dipengaruhi oleh polusi udara, terutama CO dan PM10 yang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan.

Oleh karena itu, penelitian pada tahun kedua nanti akan meneliti tentang pengaruh polusi udara terhadap nilai bangunan. Hal ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi pemerintah terkait untuk memperbaiki kualitas lingkungan.

## KESIMPULAN

Dengan menggunakan teknik Kriging dapat dipetakan wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO tertinggi di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta meliputi di Kabupaten Sleman, yang mencakup Kecamatan Depok, Ngaglik dan Kalasan. Sedangkan di Kota Yogyakarta meliputi Kecamatan Jetis, Gondomanan, Wirobrajan, Kraton, Mantrijeron, sebagian wilayah Ngampilan, Gedongtengen, dan Mergangsan.

Dengan melakukan tumpang susun antara peta isokonsentrasi parameter CO dengan peta bangunan, dapat diketahui bahwa blok-blok bangunan di Depok dapat dimungkinkan karena di wilayah ini banyak terdapat pemukiman penduduk dan pusat-pusat pendidikan maupun jasa. Sementara di Ngaglik banyak terdapat industri yang berada di sepanjang jalan utama.

Di Kota Yogyakarta yang juga memiliki konsentrasi CO tertinggi di Propinsi DIY hampir seluruhnya didominasi oleh blok-blok bangunan. Hal ini dapat dimaklumi karena di wilayah-

wilayah seperti Kecamatan Jetis, Gondomanan, Wirobrajan, Kraton, Mantrijeron merupakan pusat kota dimana banyak kegiatan perekonomian yang dilakukan di wilayah tersebut. Banyaknya pusat-pusat kegiatan ekonomi maupun fasilitas-fasilitas umum lainnya menuntut sarana transportasi yang menghasilkan emisi gas buang kendaraan bermotor, di mana gas CO merupakan salah satu hasil gas buang kendaraan bermotor. Disamping itu, hasil pembakaran yang dihasilkan dari industri-industri juga bisa menyebabkan tingginya konsentrasi CO di wilayah tersebut. Tingginya gas buang kendaraan bermotor maupun hasil pembakaran yang tidak diimbangi dengan keberadaan ruang terbuka hijau (RTH) menyebabkan konsentrasi CO di Kota Yogyakarta menjadi relatif tinggi.

Wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi PM10 tertinggi di DIY berada di Kota Yogyakarta yang mencakup kecamatan Mantrijeron, Kraton, Gondomanan, Ngampilan, Gedongtengen, Danurejan. Selain itu, sebagian wilayah kecamatan Wirobrajan, Mergangsan, Pakualaman, Jetis dan Gondokusuman juga memiliki konsentrasi PM 10 yang relatif tinggi . Di Kabupaten Gunung Kidul hanya sebagian wilayah kecamatan Karangmojo juga terdapat konsentrasi PM10 yang relatif tinggi.

Dengan menggunakan peta tumpang susun antara isokonsentrasi parameter PM10 dengan fasilitas umum (lihat gambar 12) di mana di wilayah-wilayah tersebut banyak terdapat pusat-pusat kegiatan ekonomi maupun fasilitas-fasilitas umum lainnya menuntut sarana transportasi yang menghasilkan emisi gas buang kendaraan bermotor, di mana gas PM10 merupakan salah satu hasil gas buang kendaraan bermotor. Begitu juga sebagian besar jasa mengelompok di kecamatan Pakualaman, Danurejan, Gedongtengen dan Jetis.

Tingginya konsentrasi PM10 di Kota Yogyakarta mungkin dikarenakan masih jarang terdapat ruang terbuka hijau. Begitu juga di Kecamatan Karangmojo yang tidak banyak terdapat ruang terbuka hijau, meskipun hanya terdapat beberapa pusat kesehatan dan industri. Akan tetapi di wilayah yang berdekatan dengan Karangmojo, tepatnya di Wonosari, banyak terdapat industri, pusat kesehatan dan jasa-jasa.

Mempertimbangkan hasil penelitian, penulis menyarankan perlunya perhatian serius dari pemerintah daerah untuk mengkaji ulang tata ruang yang harus memperhatikan kualitas lingkungan (misalnya terkait dengan lokasi industry, pusat pendidikan, kesehatan, dan sebagainya). Perlu diprioritaskan pembuatan Ruang Terbuka Hijau di perkotaan khususnya Kota Yogyakarta di mana masih jarang ditemui di wilayah-wilayah yang memiliki konsentrasi CO dan PM10 yang relatif tinggi. Di samping itu diperlukan adanya aturan yang membatasi penggunaan kendaraan bermotor di wilayah-wilayah yang teridentifikasi memiliki polusi udara yang tinggi untuk mengurangi dampak negative polusi udara terhadap kesehatan masyarakat.

Secara ilmiah, penulis merekomendasikan perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang valuasi ekonomi dampak polusi udara terhadap nilai bangunan atau properti. Hal ini dimaksudkan agar pemerintah dapat menyusun peraturan terkait tata ruang yang memperhatikan kualitas lingkungan, dan masyarakat dapat mempertimbangkan dampak negatif polusi udara terhadap kesehatan mereka apabila bangunan yang mereka miliki terpapar oleh polusi udara.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Cesar *et.al.* (2002). "Improving Air Quality in Metropolitan Mexico City An Economic Valuation". *Working Paper Series No. 2785. The World Bank. Washington DC.*
- Dixon, John.A. (1996). "The Economic Valuation of Health Impacts". *Working Paper. The World Bank. Washington DC.*
- Evi Gravitiani (2003). "Valuasi Ekonomi Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor terhadap Kesehatan Masyarakat di Kota Yogyakarta". Tesis S2 UGM. Yogyakarta.
- Garrod, Guy and Willis, Kenneth.G. (1999). *Economic Valuation of The Environment*. London: Edward Elgar.
- Harmaini (1998) "Penilaian Ekonomi Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor: Studi Kasus DKI Jaya". Tesis Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta.
- Imam, Moh. Nurul (2002). "Estimasi Biaya Polusi Udara bagi Pengendara Motor di Yogyakarta dengan Contingent Valuation Method". Tesis Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta.
- Lvovsky, Kseniya (1998). "Economic Costs of Air Pollution With Special Reference to India" *.Prepared for the National Conference on Health and Environment Delhi, India.*
- Ostro, Bart, D. (1994). "The Health Effect of Pollution : A Methodology With Application to Jakarta". *Working Paper Series No. 1301. The World Bank. Washington DC.*
- Ostro, Bart, D., Eskeland, G.S., Aranda, C., and Sanchez, J.M., (1996). "Air Pollution and Mortality: Result From A Study os Santiago, Chile". *Working Paper Series No. 1453. The World Bank. Washington DC.*
- Reksohadiprojo, Sukanto, dan Budi Purnomo (1997). *Ekonomi Lingkungan*. Yogyakarta: BPFE.
- Tietenberg, Tom (1998). *Environmental Economics and Policy, 2<sup>nd</sup> edition*. USA: Addison Wesley.
- Todaro, Michael P. (2000). *Economic Development in The Third World, 7<sup>th</sup> edition*. London: Addison Wesley
- US. Environment Protection Agency Office of Air and Radiation (2000) *Seri Makalah Hijau, Mutu Udara Kota*. Penerjemah IKIP Malang. Washington DC.
- World Bank (1992). *World Development Report 1992*. Oxford University Press.
- World Bank (2001). *The Quality of Growth*. New York.