



Basis Data dan Web GIS Emisi Udara Dengan Sumber Emisi Udara Dari Sektor Domestik (Studi Kasus: Kota Bandung)

Aulia L. Lionar¹, Akhmad Riqqi¹, R. Driejana²

¹Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

²Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Abstrak. Evaluasi tingkat polusi emisi udara dapat dilakukan menggunakan inventori emisi. Emisi udara dari sektor domestik dapat dilihat distribusinya secara spasial dengan menggunakan penggabungan antara inventori emisi dengan sistem informasi geografis (GIS). Hasil inventori emisi udara disajikan menggunakan GIS dalam format sistem *grid* ukuran 30'' x 30'' dengan produk akhir peta emisi udara. Namun dalam penyajian informasi emisi udara membutuhkan pengetahuan mengenai geospasial. Tujuan dari penelitian ini adalah pembuatan aplikasi pengelolaan data emisi udara sektor domestik dengan web GIS sebagai bagian dalam sistem inventori emisi udara. Inventori emisi udara sektor domestik yang dilakukan disimpan pada sistem *grid* skala ragam untuk standardisasi data. Inventori emisi yang digunakan berasal dari sumber area dengan sumber emisi berasal dari perumahan. Metode penelitian ini dilakukan dengan membuat basis data sebagai penyimpanan dan pengolahan data emisi udara sektor domestik ke dalam sistem *grid* serta web GIS untuk visualisasi data. Hasil dari penelitian ini berupa aplikasi basis data dan web GIS yang memiliki kemampuan untuk penyajian database berupa *query* dan penyajian informasi emisi udara dalam sistem *grid* dengan ukuran 30''x30''.

Kata kunci: *emisi domestik, inventori emisi, basis data, web GIS, sistem grid*

1 Pendahuluan

Kota Bandung merupakan kota besar yang memiliki penduduk mencapai 2,3 juta jiwa pada tahun 2008 dan laju pertumbuhan penduduk rata-rata sebesar 0,8% pada tahun 2006-2008 (RTRW Kota Bandung 2011-2031). Dengan jumlah penduduk sebanyak itu akan terjadi peningkatan aktifitas antropogenik sehingga pencemaran juga semakin meningkat, termasuk pencemaran udara. Agar tingkat emisi polusi udara dapat dievaluasi, maka dilakukan proses inventori emisi (EEA, 2013). Inventori emisi merupakan proses estimasi jumlah polutan yang dilepaskan oleh berbagai sumber ke atmosfer dalam suatu cakupan area geografis dan jangka waktu tertentu (CARB, 2015). Inventori emisi dilakukan pada beberapa sektor yaitu sektor industri, transportasi, dan domestik. Pada penelitian

ini dilakukan proses inventori emisi pada sektor domestik dimana fokusnya kepada estimasi polusi udara yang dilepaskan dari sumber perumahan. Inventori emisi pada sektor domestik merupakan fungsi dari jumlah penduduk di area yang akan diestimasi. Aktivitas yang diestimasi pada inventori emisi pada sektor domestik adalah dari (1) pengolahan sampah (pembakaran dan pengolahan lain) yang dilakukan di lingkup domestik (*open burning*) serta dari (2) penggunaan energi untuk bahan bakar (*residential fuel*) (Mayangsari, 2012).

Untuk kebutuhan kebijakan pengelolaan emisi dari sektor domestik skala kota, terutama kebutuhan penentuan prioritas dan tindakan pengurangan emisi dibutuhkan metode estimasi emisi yang relatif cepat namun akurat (Mayangsari, 2012). Maka dalam memperkirakan sebaran emisi polusi udara dari sektor domestik ini digunakan penggabungan antara inventori emisi dengan sistem informasi geografis (GIS) yang disimpan dalam suatu *grid* resolusi 30" x 30". Alasan digunakan sistem *grid* untuk menyimpan data inventori emisi udara adalah data-data emisi udara tersebut dapat disimpan dalam satu wadah dan dapat dimengerti secara universal, serta dengan sistem *grid* ini proses penggabungan antar data emisi udara dapat dilakukan dengan mudah. Namun, menggunakan desktop GIS dalam penyajiannya akan menyulitkan beberapa pengguna informasi sebaran emisi ini untuk memahami informasi dikarenakan *desktop* GIS hanya bisa diakses oleh pengguna profesional saja. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini dilakukan pengembangan dengan *web* GIS sebagai bagian dari sistem inventori emisi udara sebagai pengganti *desktop* GIS. *Web* GIS merupakan suatu sistem GIS yang menggunakan teknologi *web* untuk berkomunikasi antar komponennya dan dirancang untuk kemudahan, intuitif, dan kenyamanan bagi end users dibandingkan *desktop* GIS (Fu, 2011). *Web* GIS memiliki kelebihan lain yaitu dapat membangun suatu aplikasi basis data untuk memfasilitasi pengguna dalam merekayasa data yang sudah ada di dalam sistem basis data sesuai kebutuhan pengguna.

Mayangsari (2012) telah melakukan inventori emisi polusi udara dari sektor domestik untuk kota Bandung dengan jenis emisi berupa NO_x , PM_{10} , HC , CO , CO_2 , dan CH_4 . Emisi dari sektor domestik termasuk ke dalam emisi sumber area. Penyimpanan hasil inventori emisi telah disimpan dengan menggunakan sistem *grid* skala ragam berdasarkan penelitian Fitria (2009) sehingga data hasil inventori emisi ini dapat dimengerti dan juga memudahkan penggabungan peta emisi pada skala lebih besar.

Data inventori emisi disimpan dalam suatu basis data yang memiliki kemampuan untuk pengolahan dan penyimpanan data. Pengolahan data yang dilakukan berupa pengolahan inventori emisi dari sektor domestik ke dalam sistem *grid*. Hasil pengolahan data yang disimpan dalam sistem basis data tersebut digunakan untuk visualisasi data inventori emisi menggunakan *web* GIS.

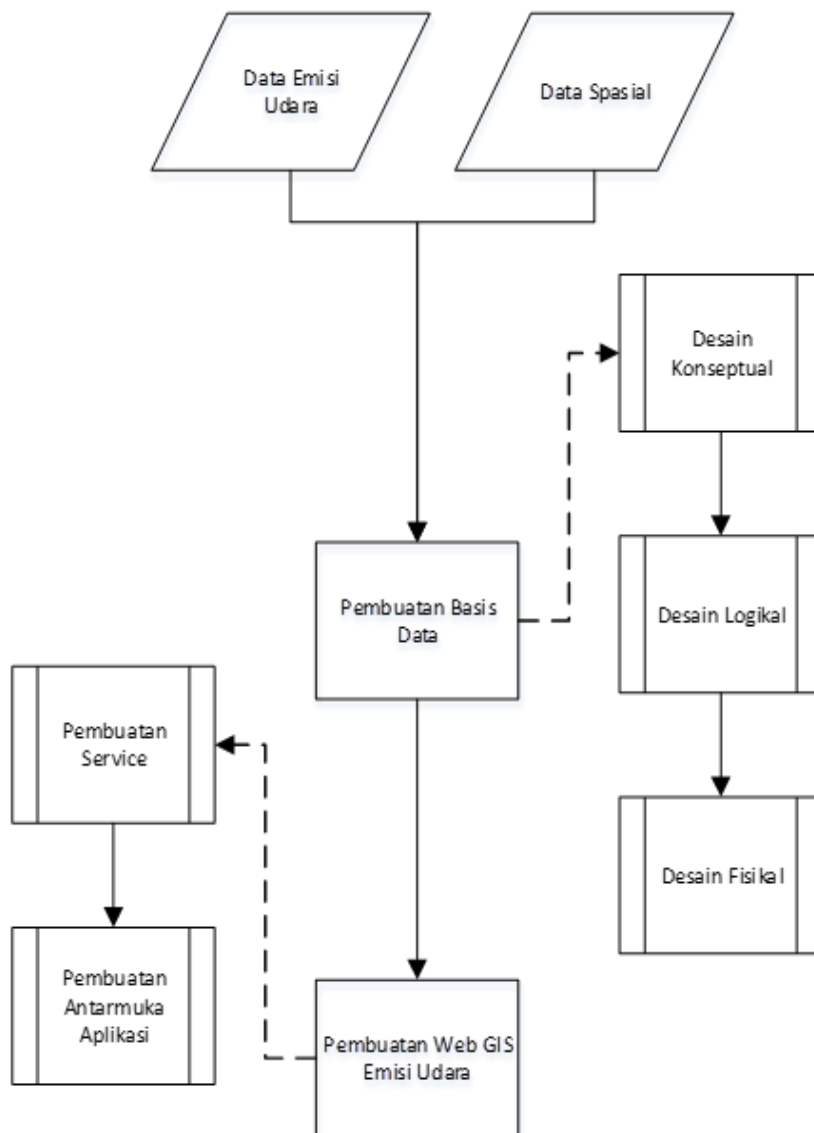
2 Metode

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan untuk menyimpan, mengolah, memvisualisasikan, dan inventarisasi data emisi udara dengan menggunakan metode basis data dan *web GIS* dari data emisi udara sumber domestik kota Bandung.

Pada penelitian ini dilakukan dua proses utama sehingga terbentuk aplikasi yang diinginkan, yaitu pembuatan basis data dan pembuatan *web GIS*. Tujuan utama pembuatan aplikasi ini adalah mendesain sistem basis data spasial emisi udara kota Bandung dan mendesain *web GIS* yang memiliki kemampuan dalam pembaruan dan penyajian data emisi udara untuk kota Bandung.

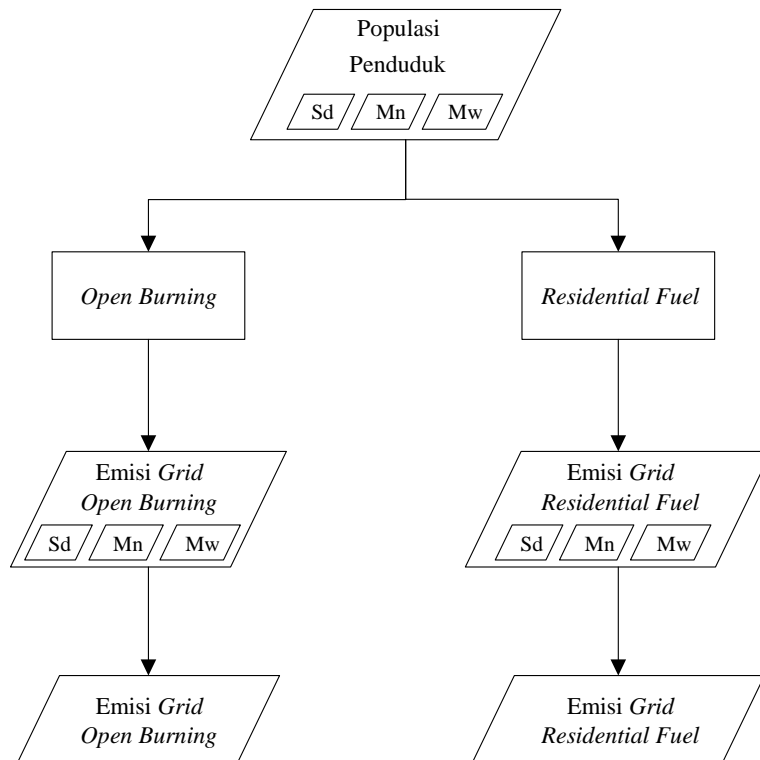
Basis data yang digunakan adalah basis data relasional dengan pembuatannya melalui desain konseptual, logikal, dan fisik. Basis data ini berfungsi untuk penyimpanan dan pengolahan data emisi. Pengolahan yang dilakukan adalah pengolahan data emisi dari sumber domestik ke dalam sistem *grid*. Data emisi yang digunakan adalah hasil penelitian Mayangsari (2012) berupa emisi udara dari sektor domestik dengan polutan NO_x , PM_{10} , HC , CO , CO_2 , dan CH_4 .

Pengolahan data emisi udara sektor domestik dilakukan dengan menghitung emisi yang berasal dari data aktivitas emisi sektor domestik (*open burning* dan *residential fuel*) dan faktor emisi untuk masing-masing aktivitas dan parameter polutan. Kemudian pengolahan data dilakukan berdasarkan algoritma yang telah dibuat. Algoritma tersebut diimplementasikan pada basis data menggunakan perintah SQL. Hasil pengolahan data akan berbentuk tabel emisi per *grid*. Data hasil pengolahan tersebut digunakan untuk visualisasi emisi gas dengan menggunakan *web GIS*. *Grid* yang digunakan adalah sistem *grid* skala ragam hasil penelitian Fitria (2009) dengan ukuran 30"x30". Pembuatan *web GIS* dilakukan dengan menggunakan beberapa bahasa pemrograman seperti HTML, SQL, PHP, dan JavaScript. *Web GIS* terbentuk dengan terlebih dahulu membuat *service* yang menyediakan data-data emisi udara dan data spasial. *Service* yang digunakan pada penelitian ini adalah *web map service* (WMS). Keseluruhan proses dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi penelitian

Data emisi udara sektor domestik yang disimpan ke dalam basis data berupa data emisi udara per aktivitas, sedangkan pada proses visualisasi dibutuhkan emisi udara dalam sistem *grid*. Untuk mendapatkan emisi udara dalam sistem *grid* maka dibutuhkan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan algoritma yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Algoritma pengolahan emisi *grid*

Pada basis data emisi udara ini, populasi penduduk merupakan salah satu data aktivitas antropogenik yang digunakan untuk inventori emisi dari sektor domestik. Kemudian untuk mendapatkan nilai emisi, maka besarnya aktivitas yang menyebabkan adanya emisi udara dari sektor domestik dihitung dengan faktor emisi yang sesuai dengan jenis aktivitas emisi dan hasil dari penghitungan ini akan disimpan ke basis data.

3 Hasil dan Pembahasan

Aplikasi yang dibuat pada penelitian ini terdiri dari dua bagian utama yaitu aplikasi basis data dan aplikasi *web GIS*. Aplikasi basis data merupakan aplikasi untuk menampilkan data pada basis data emisi udara menggunakan *query*. Aplikasi *web GIS* merupakan aplikasi untuk visualisasi data dari basis data emisi. Visualisasi ini akan memperlihatkan emisi udara dalam bentuk *grid* berada di Kota Bandung.

Hasil dari desain basis data terbentuk empat entitas dengan tiga entitas nonspasial dan satu entitas spasial. Entitas yang terbentuk adalah *grid*, metadata emisi, emisi *grid*, dan populasi. Setelah desain basis data selesai dibangun, maka dilakukan penghitungan emisi udara sesuai dengan jenis polutan dan aktivitas. Penghitungan dilakukan dengan perintah SQL dengan menggunakan empat entitas yang sudah ada. Kemudian hasil penghitungan emisi udara disimpan pada basis data agar dapat digunakan pada aplikasi *web GIS*. Emisi hasil pengolahan akan disimpan pada entitas emisi *grid*.

Pada aplikasi *web GIS* terdapat dua aplikasi, yaitu aplikasi tampilan muka *web GIS* dan aplikasi basis data. Keseluruhan aplikasi basis data dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP, SQL, dan HTML. Aplikasi basis data ini dapat memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengakses data emisi udara.

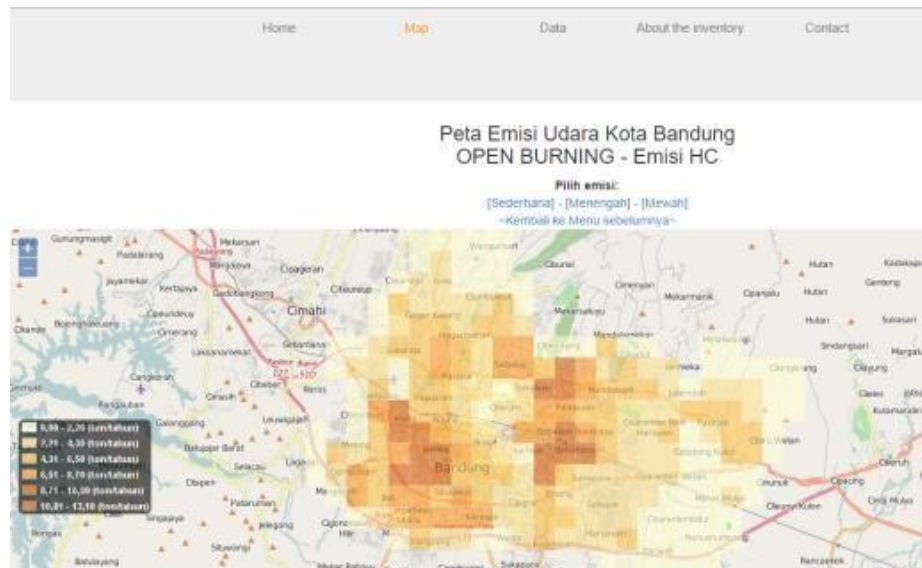
Aplikasi basis data penelitian ini memiliki satu fungsi utama, yaitu *query* data. Pengguna dapat . Salah satu tampilan dari aplikasi basis data ini dapat dilihat pada Gambar 3.

ID Grid	ID Emisi	Polutan	Nilai Emisi (ton/tahun)
1209312423	1	NOx	917.491112204371
1209312424	1	NOx	77.9712985590516
1209312425	1	NOx	0
1209312501	1	NOx	299.034140274017
1209312502	1	NOx	62.1546167594342
1209313302	1	NOx	0
1209313301	1	NOx	92.305166439955
1209313210	1	NOx	84.6439611932653
1209313205	1	NOx	394.922773684198
1209313204	1	NOx	0

Gambar 3. Tampilan *query* pada aplikasi basis data emisi udara

Untuk aplikasi tampilan muka *web GIS*, visualisasi *web GIS* dibangun dengan menggunakan HTML, PHP, SQL, dan JavaScript. HTML untuk desain dan *layout web* secara keseluruhan. PHP dan SQL untuk pengambilan data dari basis data. JavaScript digunakan untuk pembuatan peta dasar dan *layer*-nya melalui fungsi-fungsi dari OpenLayers.

Untuk memanggil data dari *server*, *service* untuk menghasilkan WMS dan/atau WFS harus diaktifkan. Untuk membuat *service*, GeoServer perlu dikonfigurasi mulai dari pembuatan *workspace*, *store*, dan *layer*. Tampilan dari *web GIS* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan *web GIS* emisi udara kota Bandung

Tampilan dari *web GIS* emisi udara berupa peta dasar yang berasal dari WMS OpenStreetMap, *grid* dengan ukuran 30"x30" yang berisi emisi udara, dan *link* untuk pemilihan *layer* emisi udara. Terdapat 49 *layer* yang dapat diakses pengguna melalui *link*.

Data emisi udara yang akan divisualisasikan merupakan data hasil hitungan berdasarkan algoritma yang telah dibahas pada subbab sebelumnya. Oleh karena itu, penting untuk menjamin bahwa data yang akan disampaikan kepada pengguna adalah data dengan perhitungan yang sesuai.

Untuk mengetahui kebenaran dari hasil hitungan maka diperlukan validasi dari hasil perhitungan terhadap nilai yang dianggap benar. Pengolahan data inventori emisi sektor domestik dilakukan dengan menggunakan PostgreSQL. Pada validasi ini nilai yang dianggap benar adalah hasil perhitungan emisi *grid* yang dilakukan pada perangkat lunak Microsoft Office Excel yang telah dihitung dalam penelitian Mayangsari (2012). Dalam perhitungan menggunakan perangkat lunak Office Excel, data masukan yang digunakan sama dengan data pada penelitian ini baik data spasial dan atribut.

Hasil dari masing-masing pengolahan data perangkat lunak perhitungan Excel dan PostgreSQL dibandingkan dengan menghitung nilai selisihnya. Nilai emisi *grid* yang dijadikan validasi adalah nilai emisi *grid* dengan jenis aktivitas *open burning* untuk emisi HC. Selisih hasil perhitungan antara kedua perangkat lunak

sangat kecil dengan nilai maksimum 0.00031 ton/tahun. Selisih kedua perangkat lunak ini terjadi akibat adanya faktor pemotongan dan pembulatan.

Sistem basis data yang dibentuk pada penelitian ini terdiri dari 4 entitas dengan 1 entitas spasial dan 3 non-spasial. Terdiri atas entitas *grid*, metadata emisi, emisi *grid*, dan populasi. Entitas *grid* merupakan entitas spasial yang akan menjadi tempat penyimpanan beban emisi yang akan dihitung pada basis data sehingga dapat divisualisasikan ke dalam bentuk peta.

Entitas *grid* disimpan dengan menggunakan sistem koordinat geodetik WGS 84 dengan datum WGS 84. Entitas metadata emisi merupakan entitas nonspasial yang akan memberikan identitas terhadap jenis emisi domestik agar masing-masing jenis emisi teridentifikasi dalam proses pengolahan data emisi udara. Entitas populasi merupakan entitas non-spasial berupa jumlah penduduk per *grid* yang sudah dibagi sesuai kelas sosial ekonomi dan merupakan data awal dalam pengolahan data emisi udara sektor domestik. Entitas emisi *grid* merupakan entitas non-spasial dimana entitas ini akan menjadi tempat penyimpanan hasil pengolahan data emisi udara. Di dalam sistem basis data emisi udara sektor domestik juga terdapat beberapa tabel yang tidak dijadikan entitas dalam model sistem basis data ini karena tabel-tabel tersebut hanya menjadi tempat penyimpanan sementara hasil perhitungan emisi udara dikarenakan kompleksnya perhitungan emisi udara sektor domestik, sehingga tidak dijadikan suatu entitas dalam model basis data emisi udara sektor domestik.

Agar beban emisi udara per *grid* dapat dimasukkan ke dalam *grid* untuk divisualisasikan melalui aplikasi *Web GIS*, maka data awal berupa data populasi penduduk dikalkulasikan menggunakan model emisi dengan faktor emisi tertentu. Sehingga setiap *grid* memiliki beban emisi per jenis emisi. Proses pengolahan data emisi udara ini dilakukan dengan memasukkan perintah pada SQL. Kemudian hasil dari perhitungan langsung disimpan pada sistem basis data emisi dalam tabel emisi *grid*.

Aplikasi yang dibangun terbagi menjadi dua bagian, yaitu aplikasi basis data dan aplikasi *web GIS*. Aplikasi basis data memiliki fungsi untuk melakukan manipulasi terhadap basis data. Sedangkan, Aplikasi *web GIS* memiliki fungsi sebagai visualisasi data spasial.

Aplikasi basis data pada penelitian ini memiliki satu fungsi yang dapat dilakukan yaitu melakukan *query* data. *Query* dilakukan dengan memilih tabel dari formulir pilihan (*drop-down list*) yang nantinya diterjemahkan ke dalam SQL kemudian aplikasi akan menampilkan data sesuai dengan perintah SQL yang diwakilkan oleh *drop-down list* yang dipilih pengguna. Untuk fungsi *input* dan *edit* data tidak dapat dilibatkan dalam aplikasi basis data dalam penelitian ini karena data awal

pengolahan emisi berupa populasi penduduk Kota Bandung tahun 2011 sehingga jika dilakukan proses *input* dan *update* pada basis data pada satu baris maka akan mempengaruhi validitas data populasi penduduk pada *grid* lainnya untuk tahun 2011.

Pada aplikasi *web GIS* emisi udara memiliki 49 *layer*, yaitu *layer grid* yang didalamnya berisi emisi per polutan per kelas penduduk yang sudah terbagi ke dalam *grid*. *Layer-layer* ini dibagi dalam beberapa kategori yang disimpan dalam *web page* yang diakses melalui *link* pada aplikasi *web GIS*. Kategori ini terbagi berdasarkan jenis emisi (NO_x , $PM10$, HC , CO , CO_2 , dan CH_4) dan sumber emisi (*Residential Fuel* dan *Open Burning*). Pemilihan emisi dilakukan dengan proses filter data yang terdapat di dalam GeoServer melalui pembuatan *script* di dalam OpenLayer. Data yang di-*filter* adalah jenis emisi dan *metadata* emisi untuk emisi *grid* per kelas sosial ekonomi penduduk serta jenis polusi untuk emisi total per polutan. Proses pemilihan *filter* dilakukan dengan memilih *link* yang ada di halaman web.

4 Kesimpulan

Hasil desain basis data untuk emisi udara kota Bandung terdiri dari satu entitas spasial yaitu *grid* dan tiga entitas non-spasial yaitu emisi *grid*, *metadata* emisi, dan populasi. Pengolahan data emisi udara sektor emisi dilakukan dengan perintah pada SQL kemudian hasilnya disimpan pada basis data. Dari basis data ini dapat digunakan untuk visualisasi beban emisi udara sektor domestik per *grid* kota Bandung pada aplikasi *web GIS*.

Hasil desain *web GIS* untuk emisi udara sektor domestik kota Bandung memiliki kemampuan visualisasi beban emisi per *grid* dan fungsi *query* data emisi udara dari sektor domestik. Hal ini dibuktikan dengan adanya algoritma pengolahan data emisi dan implementasinya pada sistem basis data emisi udara menggunakan perintah SQL. Adanya algoritma ini memungkinkan terjadinya otomatisasi pengolahan data emisi udara sektor domestik ke dalam sistem *grid*.

5 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, faktor emisi yang dilibatkan dalam pengolahan emisi udara sektor domestik Kota Bandung dapat difasilitasi proses update nilainya untuk mengantisipasi perubahan nilai faktor emisi melalui aplikasi *web GIS*. Walaupun perubahan nilai faktor emisi yang digunakan pada penelitian ini sangat kecil dalam suatu jangka waktu tertentu namun sebaiknya fitur ini dimasukkan ke dalam aplikasi *web GIS*.

Emisi udara tidak hanya bersumber dari sumber domestik (area) saja, namun terdapat dua sumber lain yaitu garis dan titik. Untuk penelitian selanjutnya, keseluruhan sumber emisi digabungkan ke dalam suatu sistem basis data dan *web GIS* yang terintegrasi sehingga lebih bermanfaat untuk kepentingan monitoring, perencanaan, penelitian, dan informasi umum bagi banyak pengguna.

6 Daftar Referensi

- [1] Duckett, J. (2011). *HTML & CSS Design and Build Websites*. Indiana: John Wiley & Sons.
- [2] EMEP/EEA. (2013). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013*.
- [3] Duckett, J. (2011). *HTML & CSS Design and Build Websites*. Indiana: John Wiley & Sons.
- [4] EEA. (2013). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013. EEA Technical Report No 12/2013*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [5] KLH. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- [6] Mayangsari, M. (2012). *Pemetaan Emisi dari Aktivitas Domestik Pemukiman Berdasarkan Tingkat Sosial Ekonomi di Kota Bandung dengan Resolusi Grid 30"*. Tesis. Teknik Lingkungan: ITB.
- [7] Wirotomo, S. B. (2011). *Pembangunan Basisdata Spasial Dengan Sistem Grid Skala Ragam Untuk Emisi Gas Rumah Kaca (Studi Kasus: Kota Bandung)*. Skripsi. Teknik Geodesi dan Geomatika: ITB.
- [8] World Health Organization. (2006). *Air Quality Guidelines Global Update 2005*.