

PERANCANGAN POTENSI LOKASI JEJARING STASIUN PEMANTAU KUALITAS UDARA DI DAERAH URBAN BERBASIS DATA SPASIAL

Studi Kasus di DKI Jakarta

(Design of Potential Location for Air Quality Monitoring Stations Network in Urban Area based on Spatial Data: Case Study DKI Jakarta)

Akhmad Riqqi¹, Ahmad Fawaid¹ dan Driejana²

¹Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung

²Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha 10, Bandung 40132 – Indonesia

Email : akhmad.riqqi@gmail.com

Diterima: 25 September 2018; Direvisi: 3 Januari 2019; Disetujui untuk dipublikasikan: 1 April 2019

ABSTRAK

Kota besar seperti Jakarta memiliki masalah dalam mengelola kualitas udaranya. Dampak pencemaran udara akan mengakibatkan menurunnya kualitas kesehatan masyarakat. Dalam rangka pengendalian pencemaran udara diperlukan model jaringan stasiun pemantauan kualitas udara. Penelitian pemodelan jaringan stasiun pemantau kualitas udara telah dilakukan untuk mencari lokasi yang potensial bagi stasiun pengamatan kualitas udara yang didasarkan pada model densitas populasi penduduk dan variasi spasial sumber pencemar di wilayah Jakarta. Pemodelan jejaring lokasi berpotensi untuk stasiun pemantauan kualitas udara dilakukan dengan dua pentahapan. Tahapan pertama adalah pemilihan lokasi potensi stasiun. Tahapan kedua adalah penyeleksian lokasi potensi stasiun berdasarkan zonasi, kepadatan penduduk, tutupan lahan sekitar, dan kemudahan akses dan perizinan. Pemodelan jaringan pemantauan kualitas udara menghasilkan luaran zona potensi titik pantau serta 81 titik potensi lokasi pemantauan kualitas udara. Potensi titik-titik tersebut diseleksi dengan mempertimbangkan landuse, jarak antartitik, dan kemudahan perizinan untuk mendapatkan 53 lokasi stasiun pemantauan udara untuk seluruh wilayah DKI Jakarta. Hasil pemodelan ini selanjutnya digunakan untuk menempatkan titik pemantauan kualitas udara pada riset *Urban hybriD model for AiR pollution exposure Assessment (UDARA)*.

Kata kunci: Pencemaran udara, model jaringan pemantau kualitas udara, pemilihan lokasi

ABSTRACT

Big cities like Jakarta have problems for managing their air quality, the impact of air pollution will lead to a decline in the quality of public health. In order to monitor air pollution, a network model for air quality monitoring stations is needed. Research has been conducted to find potential locations for air quality observation stations based on population density models and spatial variations of pollutant sources in the Jakarta area. Potential location network modeling for air quality monitoring stations is carried out with two stages. The first stage is the selection of the potential location for the station. The second stage is the selection of potential locations of stations based on zoning, population density, surrounding land cover, and ease of access and permission. Potential location network modeling results in a potential zone of monitoring and 81 points of potential air quality monitoring locations. The potential of these points is selected by considering landuse, distance between points, and ease of licensing to get 53 locations of air monitoring stations for the entire Jakarta area. This result is utilized for siting of air pollutants monitoring as part of Urban hybriD model for AiR pollution exposure Assessment (UDARA).

Keywords: Air pollution, air quality monitoring network model, site selection

PENDAHULUAN

Kota besar seperti Jakarta memiliki masalah dalam mengelola kualitas udaranya. Udara yang bersih merupakan salah satu kebutuhan utama manusia (Soedomo, 2001). Udara yang buruk dapat mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2014, tingkat pencemaran udara oleh gas SO₂ dan NO₂ tertinggi terjadi di Jakarta. Menurut WHO (2016) diperkirakan 3,7 juta kematian tiap tahunnya

berkaitan dengan paparan dari pencemaran udara (6,7% dari total kematian dunia). Nampak jelas bahwa dampak pencemaran udara akan mempengaruhi kualitas kesehatan, hal ini membuat perlunya upaya pengendalian pencemaran udara.

Melihat pentingnya masalah pencemaran udara ini, dilakukan riset *Urban hybriD models for AiR pollution exposure Assessment (UDARA, 2018)* oleh Institut Teknologi Bandung (ITB) yang bekerjasama dengan University of Manchester (UoM) melalui skema DIPI-RCUK. Riset ini bertujuan untuk melakukan studi hubungan antara

tingkat konsentrasi pencemaran udara dengan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Kondisi hubungan langsung antara konsentrasi pencemar udara dan subjek terdampak disebut eksposur atau pajanan.

Bagian utama dari penelitian UDARA adalah pemodelan konsentrasi pajanan pencemar udara dengan menggunakan pemodelan berbasis spasial (*land-use regression model*) serta hubungannya dengan data kesehatan/angka kejadian penyakit. Untuk keperluan model pajanan pencemar udara tersebut, dibutuhkan banyak lokasi pemantauan pencemaran udara sebagai input pemodelan. Di Jakarta sendiri pada saat ini memiliki 14 stasiun pengamatan kualitas udara (DRI, 2016) yang dirasakan belum cukup untuk keperluan pemodelan pajanan (Driejana, 2009), maka diperlukan pengembangan jaringan titik pemantauan. Penempatan titik pemantauan membutuhkan berbagai pertimbangan terkait faktor-faktor yang berpengaruh terhadap konsentrasi pencemar seperti sumber emisi, populasi penduduk yang berpotensi terpajan, dan masalah teknis di lapangan seperti perijinan dan keamanan titik pemantauan. Makalah ini bertujuan mengeksplorasi metode pemodelan spasial untuk mendapatkan titik-titik lokasi pemantauan yang representatif, dengan mempertimbangkan faktor-faktor lokal yang berpengaruh terhadap tingkat polusi udara.

Sistem jaringan pemantauan kualitas udara dapat berupa stasiun tetap (stasioner) dan bergerak. Pemantauan kualitas udara stasioner memiliki kelemahan, salah satunya adalah rendahnya resolusi spasial karena hanya bergantung pada udara yang melewati titik tersebut (Hansen, 2013). Walaupun demikian, stasiun yang bersifat stasioner memiliki nilai unggul yaitu pengamatannya dapat dilakukan terus menerus dan tidak terkendala cuaca. Keunggulan ini menjadikan metode pemantauan menggunakan stasiun stasioner cocok untuk dilakukan di Indonesia.

Kendala lain yang seringkali ditemukan pada pengembangan sistem pemantauan kualitas udara adalah pembiayaan. Satu stasiun pengamatan kualitas udara yang otomatis di Indonesia dapat menghabiskan dana hingga Rp. 1,1 milyar untuk operasional dan perawatan per tahunnya dan untuk stasiun pengamat kualitas udara manual dapat mencapai Rp. 46 juta per tahunnya (DRI, 2016). Faktor pembiayaan yang mahal menjadi kendala dalam membangun stasiun pengamatan kualitas udara yang rapat agar dapat menghasilkan kualitas informasi dengan resolusi spasial yang tinggi. Hasil dari perancangan potensi jejaring stasiun ini selain diperlukan sebagai input pada *landuse regression model*, juga dapat dimanfaatkan lebih lanjut oleh Pemerintah Daerah terkait agar lokasi pemantauan kualitas udara dapat efektif dan mencakup seluruh wilayah Jakarta.

METODE

Perancangan potensi lokasi stasiun pemantauan kualitas udara dilakukan untuk dapat merapatkan stasiun pengamatan kualitas udara dari yang tersedia (5 stasiun) menjadi setidaknya 60 lokasi atau menambahkan lebih dari 50 lokasi. Metodologi penambahan lokasi dalam jejaring stasiun pengamatan kualitas udara dilakukan dalam dua pentahapan. Metode pada tahapan pertama adalah melakukan inventori lokasi yang berpotensi sebagai stasiun berdasarkan kriteria kemudahan akses dan perizinan. Metode pada tahapan kedua adalah menyeleksi lokasi yang berpotensi tersebut dengan metode zonasi dengan beberapa variabel.

Metode inventori lokasi yang berpotensi sebagai lokasi stasiun pengamatan kualitas udara dipilih berdasarkan kriteria kantor pemerintahan daerah tingkat I dan II, Kantor Dinas Lingkungan Hidup dan Puskesmas terakreditasi. Hasil inventori ini adalah lokasi dari setiap kantor dan fasilitas publik yang ada diseluruh wilayah Jakarta disusun dalam bentuk daftar beserta dengan lokasinya. Daftar ini kemudian menjadi masukan dalam proses selanjutnya.

Metode pada tahap kedua adalah penyeleksian lokasi berdasarkan variabel tutupan lahan, jarak antar stasiun pengamatan, dan densitas populasi. Dalam pembangunan model jaringan pemantauan kualitas udara diperlukan data-data pendukung yaitu: (a) data sistem grid skala ragam ukuran 5"x5" dan 30"x30", (b) data tutupan lahan, (c) data jaringan jalan, (d) data batas administrasi kecamatan, (e) data penduduk kecamatan tahun 2014, (f) data lokasi kantor pemerintahan daerah tingkat 1 dan 2 (Kabupaten/ Kota dan Kecamatan), (g) data lokasi kantor dinas di Provinsi DKI Jakarta, (h) data lokasi titik pemantauan yang telah ada, (i) data lokasi konstruksi yang sedang berjalan di DKI Jakarta tahun 2018. Grid resolusi 5"x5" digunakan untuk pengolahan dan pemodelan kualitas udara di wilayah perkotaan (Driejana, Mayangsari, & Riqqi, 2015), sedangkan untuk resolusi 30"x30" merupakan salah satu data yang digunakan pada metode zonasi agar distribusi titik pantau dapat terdistribusi secara merata.

Model Densitas Populasi

Model densitas populasi penduduk merupakan data yang menampilkan persebaran populasi di suatu wilayah. Model densitas populasi penduduk digunakan sebagai salah satu input untuk pembangunan model zona potensi titik pantau. Model densitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah model yang menggunakan sistem grid skala ragam. Sistem grid merupakan sistem yang dapat menyimpan data spasial dan non spasial secara bersamaan. Sistem ini dapat menampilkan data jumlah penduduk dengan skala kecamatan yang merupakan unit administrasi terkecil yang digunakan dalam penelitian ini, serta menampilkan

data spasial yang merepresentasikan fenomena geografis yang bersifat kontinu dan berubah secara gradual seperti ketinggian, jenis tanah, vegetasi, suhu tanah, penggunaan lahan, kualitas udara dan sebagainya (Riqqi, Fitria, Prijatna, Pratama, Egi, & Mahmudy, 2011). Model densitas penduduk yang dikembangkan berdasarkan pada penutup dan penggunaan lahan serta jenis dan panjang jalan. Model fungsional dari densitas populasi dapat dilihat pada **Persamaan 1**.

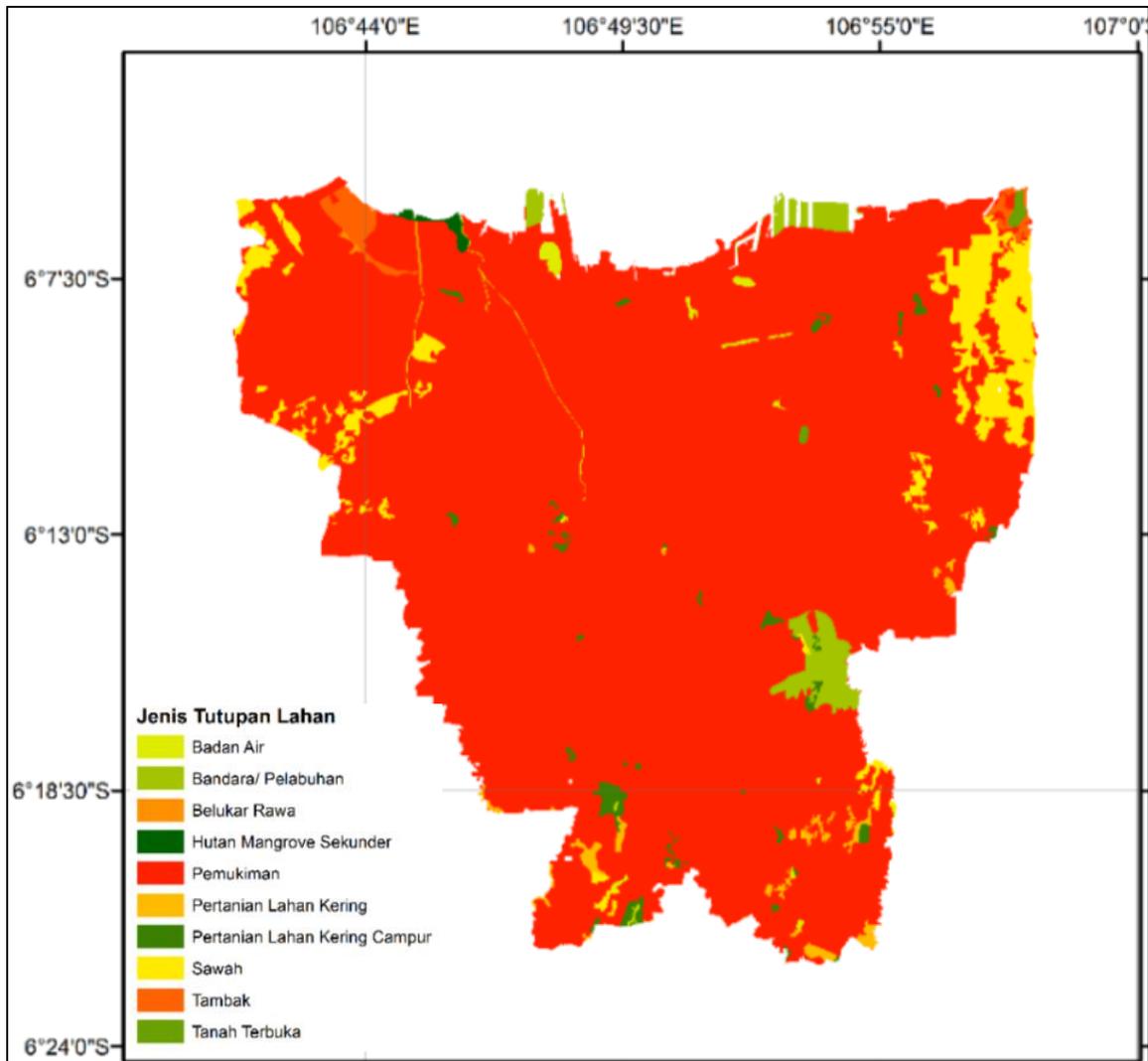
densitas populasi = f(bobot kelas tutupan lahan, kelas tutupan lahan, bobot kelas jalan, panjang kelas jalan) (1)

Dalam pembangunan model distribusi densitas populasi penduduk menggunakan sistem grid skala ragam dilakukan beberapa tahapan pekerjaan. Pertama, inventarisasi dan pengumpulan data yang akan digunakan sebagai masukan dalam pembuatan model distribusi densitas populasi penduduk, seperti data populasi penduduk, tutupan lahan, data jalan, dan data batas administrasi. Kedua, penggabungan data grid dengan data

tutupan lahan, data batas administrasi, dan data jalan yang nantinya digunakan untuk memperoleh luaran model distribusi densitas penduduk. Penggabungan data grid ini bertujuan untuk memperoleh data spasial dan non spasial kedalam unit yang sama. Ketiga, pembuatan model matematis untuk menentukan densitas populasi penduduk di seluruh wilayah Indonesia.

Metode yang digunakan untuk memperoleh densitas populasi penduduk adalah penyajian informasi densitas populasi penduduk yang diwakili oleh perbedaan tipe penggunaan lahan khususnya tipe penggunaan lahan pemukiman dan jenis serta panjang jalan. Model matematis dasar yang digunakan adalah persamaan yang dikemukakan oleh Min, Ming, & Jian, (2002). Pada persamaan yang dikemukakan P (populasi) merupakan fungsi dari A (luas dari setiap jenis tutupan lahan) dan D (densitas pada setiap jenis lahan). Seperti pada **Persamaan 2**.

$$P = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot D_i) \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 1. Peta tutupan lahan DKI Jakarta.

Persamaan Min, Ming, & Jian, (2002) tersebut kemudian dikembangkan dengan menggunakan variabel panjang (P) dan jenis jalan (J). Setelah ditambahkan variabel jalan (lihat **Persamaan 3**).

$$P = \sum_{i=1}^n (w_1 \cdot A_i \cdot D_i + w_2 \cdot P_i \cdot J_i) \dots\dots\dots (3)$$

Untuk pembuatan model matematis distribusi densitas populasi penduduk, diperlukan pembobotan terhadap data tutupan lahan (w_1) dan pembobotan data jalan (w_2). Bobot yang diberikan pada masing-masing kelas lahan ditentukan berdasarkan kemungkinan padatnya penduduk di suatu penggunaan lahan tertentu. Semakin tinggi tingkat kemungkinan populasi penduduknya, maka bobot yang diberikan juga akan semakin besar. Besaran bobot ditentukan berdasarkan nilai fungsi lahan (Riqqi, 2008). Bobot jalan menggunakan nilai korelasi antara jenis jalan dengan populasi per-kecamatan, sedangkan untuk keduanya memiliki bobot untuk penggunaan lahan dan persentase jalan yaitu 75% dan 25% (Rusdi, 2014). Peta tutupan lahan yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Peta ini menunjukkan sebaran penggunaan lahan yang ada di wilayah DKI Jakarta. Pada peta ini ditambahkan kelas klasifikasi untuk pemukiman, yaitu pemukiman padat serta hunian vertikal (dalam hal ini apartemen atau rumah susun). Perolehan data untuk pemukiman ini dilakukan secara visual pada citra resolusi tinggi. Pemukiman padat yang terlihat pada citra satelit adalah pemukiman yang memiliki pola yang tidak rapi dan jarak antar atap rumah rapat (Akbar, 2013).

Inventori Lokasi Berpotensi

Berdasarkan pengalaman UoM dalam riset *European Study of Cohorts for Air Pollution Effects* (ESCAPE, 2014) di *Greater Manchester*, terdapat 3 parameter utama dalam pemilihan lokasi untuk stasiun pemantauan kualitas udara. Parameter tersebut adalah (a) lokasi terpilih harus mewakili (merepresentasikan) antisipasi dari variasi spasial pencemaran udara dari rumah penduduk, (b) lokasi harus terdistribusi secara luas sebanding dengan distribusi populasi, dan (c) lokasi terpilih harus mencakup wilayah studi dengan jumlah yang mencukupi.

Dari ketiga parameter tersebut, 2 parameter pertama menjadi fokus dalam menentukan lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah Jakarta. Parameter pertama berkaitan dengan sumber pencemar utama di wilayah perkotaan yaitu sumber pencemar lalu lintas jalan. Berdasarkan pada parameter ini, calon lokasi stasiun harus dekat dengan jalan. Kriteria dekat dengan jalan disyaratkan berdasarkan pada pengalaman dari penelitian ESCAPE menggunakan metode regresi tutupan lahan menunjukkan korelasi kuat antara intensitas lalu lintas dengan konsentrasi NO₂ dan PM₁₀ dengan jangkauan radius 50-200m (Eeftens et al., 2012).

Parameter kedua berkaitan dengan distribusi densitas populasi penduduk. Kriteria pemilihan lokasi harus dapat merepresentasikan pola densitas yang beragam. Parameter ketiga berkaitan dengan distribusi yang merata dan melingkupi seluruh wilayah studi. Untuk parameter ketiga ini ditetapkan kriteria zonasi berdasarkan pada grid ukuran 30” dan jarak antar stasiun pengamatan. Parameter ketiga ini dilakukan pada tahap kedua.

Menurut Driejana et al (2015), dalam studi terkait model efek pencemaran udara khususnya di wilayah Jakarta selain dari kriteria tersebut ada pertimbangan tambahan yaitu terkait keamanan dan perizinan dari lokasi stasiun pemantauan kualitas udara. Keamanan lokasi terpilih mengacu kepada biaya yang besar baik dalam perawatan maupun operasional tiap titik pemantauan kualitas udara. Sedangkan kemudahan dalam pengurusan izin untuk menempatkan stasiun lokasi pemantauan kualitas udara menjadi hal penting agar pemantauan kualitas udara dapat segera terlaksana.

Inventori lokasi berpotensi dilakukan berdasarkan pada parameter diatas. Berdasarkan pada parameter, kriteria dan pertimbangan tersebut maka dilakukan inventori lokasi berpotensi terhadap: (a) lokasi kantor pemerintahan daerah provinsi, kota, dan kecamatan, (b) kantor Dinas Lingkungan Hidup, (c) lokasi Puskesmas terakreditasi diseluruh DKI Jakarta. Setelah inventori lokasi berpotensi dilakukan, diperoleh 81 lokasi berpotensi untuk stasiun pengamatan kualitas udara.

Penyeleksian Lokasi

Penyeleksian lokasi dimaksudkan untuk memilah agar lokasi pemantauan terdistribusi secara merata, mewakili beberapa karakter kawasan di seluruh wilayah Jakarta. Penyeleksian lokasi berawal dari 81 lokasi yang berpotensi menjadi sekitar 50 lokasi. Upaya untuk menjadikan lokasi stasiun tersebar merata di wilayah Jakarta dilakukan dengan metode zonasi. Sementara itu, untuk memperoleh lokasi yang mewakili karakteristik kawasan dilakukan dengan metode skoring.

Metode zonasi dilakukan dengan menggunakan sistem grid skala ragam dengan resolusi 30”, sistem ini membagi wilayah Jakarta menjadi 50 unit grid. Jumlah 50 grid hampir sama dengan jumlah kebutuhan tambahan dari jumlah stasiun pemantauan kualitas udara yang akan ditempatkan di wilayah Jakarta. Namun demikian ada 10 lokasi stasiun yang telah ada.

Metode skoring dibangun untuk menilai lokasi berpotensi berdasarkan pada parameter: (a) jarak dari kantor pemerintah, (b) densitas populasi, (c) jarak dari stasiun pengamatan kualitas udara yang sudah ada, dan (d) lokasi konstruksi. Dalam menyusun metode skoring ini, ada tahapan yang dilakukan yaitu: (1) penyusunan kelas dan skor

untuk setiap parameter dan (2) penyusunan bobot untuk setiap parameter.

Penyusunan kelas pada setiap parameter dibagi menjadi empat kelas kesesuaian lokasi terdiri atas: S1 berarti sangat sesuai, S2 berarti cukup sesuai, S3 berarti sesuai marjinal dan N berarti tidak sesuai. Nilai untuk skor ditentukan dari nilai 1 hingga 4 (**Tabel 1**).

Tabel 1. Kelas dan skor.

No	Parameter	Jangkauan Buffer (dalam meter)	Kelas Kategori	Nilai
1	Kantor Pemerintahan	900	S1	4
		1800	S2	3
		2700	S3	2
		3600	N	1
2	Densitas Populasi	kelas terendah	N	1
		kelas berikutnya	S3	2
		kelas berikutnya	S2	3
		kelas tertinggi	S1	4
3	Existing Station	900	N	1
		1800	S3	2
		2700	S2	3
		3600	S1	4
4	Lokasi Konstruksi	900	S1	4
		1800	S2	3
		2700	S3	2
		3600	N	1

Sumber : hasil analisis, 2018

Penyusunan bobot untuk setiap parameter menggunakan metode. *Pairwise Comparison* (Saaty,1980). Metode ini merupakan teori pengukuran dalam menemukan skala rasio, baik dari perbandingan berpasangan (*pairwise*) skala diskrit atau kontinyu. Proses metode ini terdiri atas: (a) penyusunan *matriks pairwise comparison*, (b) menghitung bobot atau rangking, (c) mengevaluasi konsistensi bobot dengan *Consistency Ratio (CR)* dan *Random Index (RI)*. Hasil pengujian konsistensi menghasilkan nilai CR sebesar 0.83 % atau jauh lebih kecil dari nilai ambang batas umum sebesar 10%. Sehingga bobot yang dihasilkan dapat disimpulkan konsisten. Hasil bobot antar parameter dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Pembobotan parameter.

Parameter	Bobot
Densitas Populasi	0.14
Kantor Pemerintahan	0.53
Existing Station	0.27
Lokasi Konstruksi	0.06

Sumber : hasil analisis, 2018

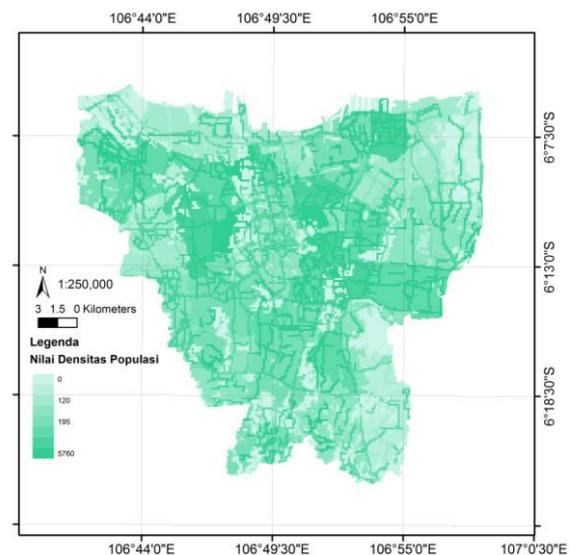
Seleksi titik potensi dilakukan dengan melakukan *overlay* antara model zonasi potensi titik pantau dengan model hasil metode skoring. Pertimbangan lain dalam penseleksian antara lain: keterwakilan penggunaan tanah. Dialokasikan bahwa penempatan stasiun pengamat kualitas udara berada pada pemukiman, komersial, industri dan jalan, pertimbangan kemudahan perizinan berkaitan dengan administrasi izin dalam pemasangan titik, dan jarak antar stasiun

pengamatan kualitas udara baik *existing* maupun potensi lokasi.

Pemasangan alat pada stasiun pengamatan kualitas udara juga mempertimbangkan beberapa kebutuhan teknis, seperti alat membutuhkan listrik sebesar minimal 5 volt dan tempat agak terbuka. Keamanan juga menjadi pertimbangan, diantaranya adalah titik pantau usahakan bukan merupakan tempat orang-orang yang berlalu lalang dan stabil apabila untuk penempatan alat-alat pengamatan dan lainnya.

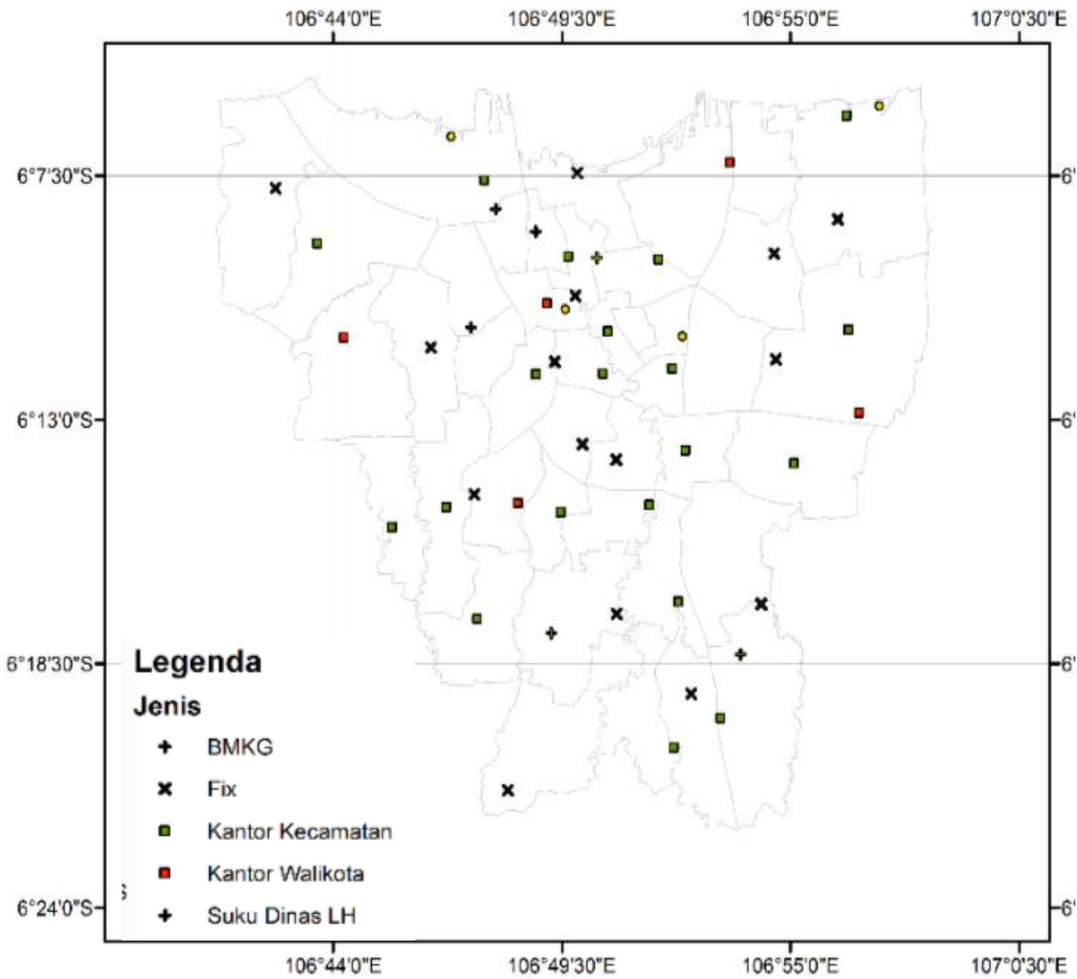
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan diawali dengan memperlihatkan beberapa model atau data masukan bagi penentuan lokasi stasiun pengamatan kualitas udara. Pembahasan diawali dengan model densitas populasi kemudian dilanjutkan hasil inventori, model zonasi grid, hasil metode skoring. Pemodelan densitas populasi penduduk di wilayah Jakarta dilakukan dengan mendistribusikan data statistik jumlah penduduk kedalam sistem grid skala ragam dengan resolusi 5"x5". Pemilihan grid dengan resolusi 5"x5" ini dilakukan agar hasil yang didapatkan memiliki akurasi yang lebih baik dan dapat lebih merepresentasikan keadaan yang sebenarnya. Hasil pemodelan densitas populasi penduduk ini disajikan pada **Gambar 2**.

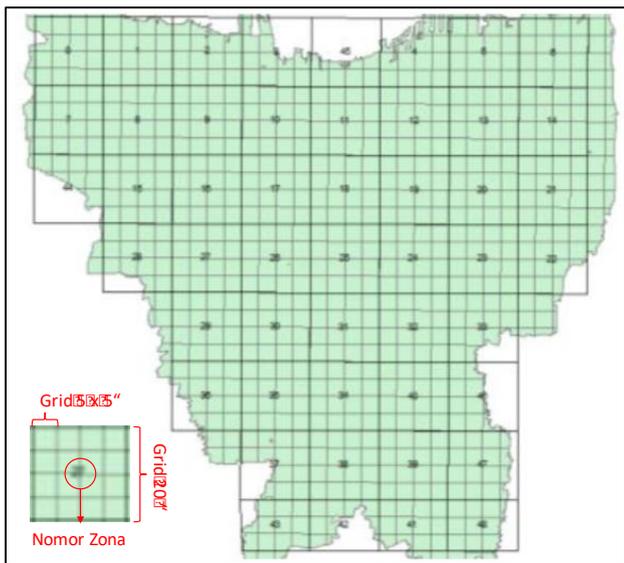


Gambar 2. Model Densitas Populasi.

Gambar 2 memperlihatkan hasil densitas populasi penduduk di DKI Jakarta. Semakin gelap warna suatu daerah, maka semakin tinggi jumlah penduduk di daerah tersebut. Sebaliknya, bila warna suatu daerah semakin terang, maka jumlah penduduknya semakin sedikit. Dari hasil tersebut, dapat dilihat bahwa model densitas penduduk yang telah dibuat mencerminkan keadaan yang sebenarnya. Daerah yang memiliki densitas tinggi (berwarna gelap) di sekitar Jakarta Timur sebelah Barat, Jakarta Pusat, Jakarta Utara sebelah Selatan serta Jakarta Barat sebelah Timur.



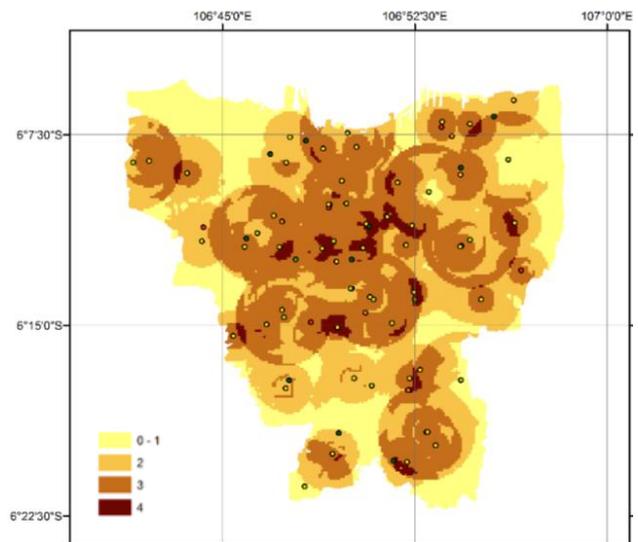
Gambar 3. Sebaran 81 lokasi berpotensi.



Gambar 4. Model Zonasi Grid.

Berdasarkan pada hasil inventori diperoleh 81 lokasi berpotensi, yang terdiri atas 47 lokasi kantor walikota dan kantor kecamatan, 6 lokasi Dinas dan Suku Dinas Lingkungan Hidup, dan 28 lokasi lainnya berupa Puskemas dan kantor lainnya. Pola distribusi lokasi berpotensi menurut jenisnya dapat dilihat pada Gambar 3. Sebaran hampir merata untuk seluruh wilayah Jakarta.

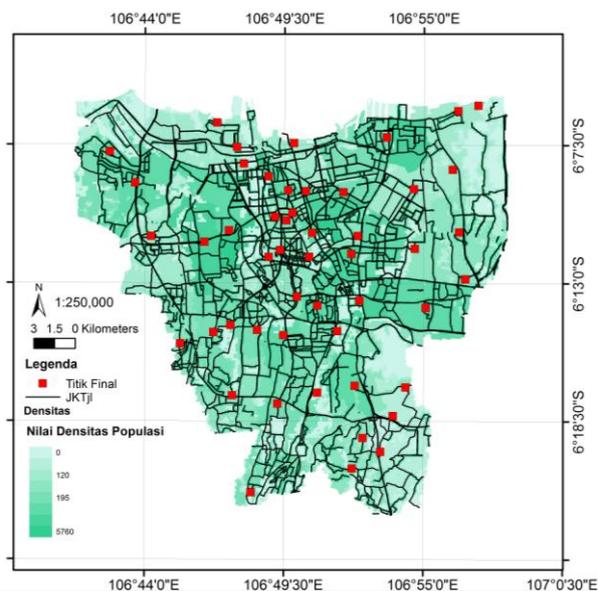
Untuk memperoleh sebaran lokasi stasiun yang merata untuk wilayah Jakarta, dibangun sistem grid dengan resolusi 20” dari sistem grid skala ragam. Hasilnya berupa model zonasi grid pada Gambar 4. Pemodelan zona potensi titik pantau menggunakan 4 parameter utama dan 2 parameter sebagai syarat tambahan. Hasil dari metode skoring dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skor untuk potensi stasiun.

Dalam melakukan asumsi tingkat prioritas tentunya diperlukan perspektif dari stakeholder ataupun ahli yang berkaitan dalam bidang lingkungan khususnya udara dan para ahli bidang kesehatan. Pembobotan tersebut dimaksudkan agar hasil pemodelan sesuai dengan harapan peneliti udara yang berkesesuaian dengan kondisi lapangan dan permintaan *stakeholder*. Pemasangan stasiun yang efektif atau sesuai kriteria serta mampu merepresentasikan populasi dengan model densitas penduduk yaitu berada pada daerah tengah DKI Jakarta (Jakarta Pusat, Jakarta Timur sebelah barat, Jakarta Barat sebelah timur dan Jakarta Utara sebelah selatan), seperti terlihat pada **Gambar 5**.

Skor yang cukup tinggi di wilayah Jakarta Pusat dikarenakan sebaran kantor pemerintahan yang memiliki bobot cukup besar terkonsentrasi di Jakarta Pusat. Terdapat 9 kantor pemerintahan di Jakarta Pusat yang tercatat dan memiliki wilayah lebih sempit dibandingkan wilayah lain. Kantor pemerintahan yang ada di Jakarta Timur, Jakarta Selatan, Jakarta Barat dan Jakarta Utara banyak tersebar dekat dengan Jakarta Pusat.



Gambar 6. Sebaran stasiun pengamat kualitas udara tambahan.

Gambar 6 menunjukkan sebaran 53 potensi lokasi dari stasiun pemantauan kualitas udara yang tersebar cukup merata seperti di Jakarta Timur. Sedikit wilayah di Jakarta Barat sebelah barat tidak terdapat lokasi pemantauan. Hasil *multicriteria assessment* menunjukkan kategori dengan skor tinggi terdapat di sekitar Jakarta Pusat dan Jakarta Timur. Zonasi tutupan lahan di daerah tersebut juga terwakili oleh lokasi di sekitarnya seperti Kantor Walikota Jakarta Barat ataupun Kantor Kecamatan di sekitarnya. Dapat dilihat jarak antar titik stasiun tidak terlalu berdekatan dan tidak juga terlalu berjauhan. Jarak ini menunjukkan keefektifan lokasi tersebut karena jaring pemantauan kualitas udara tersebar merata di seluruh wilayah DKI Jakarta.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis pemodelan jaringan pemantauan kualitas udara diperoleh beberapa kesimpulan. Pertama, model zona potensi titik pantau dibantu dengan grid resolusi 30'x30' dapat memberikan sebaran lokasi stasiun rencana secara merata dan efektif. Kedua, pemilihan lokasi dengan metode pemodelan spasial yang disintesiskan dapat merekomendasikan lokasi pemantauan kualitas udara yang efektif untuk suatu wilayah perkotaan yang besar dan kompleks. Model ini telah berhasil menjaring lokasi potensi pemantauan kualitas udara dari 81 titik menjadi 53 potensi lokasi pemantauan kualitas udara di DKI Jakarta.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian awal dari penelitian *Urban hybrid models for Air pollution exposure Assessment (UDARA)* yang merupakan *join-research collaboration* antara Institut Teknologi Bandung dan the University of Manchester melalui skema *Newton Fund* yang didanai DIPI-LPDP (Dana Ilmu Pengetahuan Indonesia – Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) dan NERC-RCUK (*National Environmental Research Council - Research Council UK*). Penulis mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang telah memfasilitasi penelitian ini, yaitu Pemda Prov. DKI Jakarta, dan Prof Sarah Lindley dan Dr. Anna Molter (*University of Manchester*) atas masukannya yang berharga dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R. (2013). *Pembangunan Model Populasi Penduduk dengan Sistem Grid Skala Ragam*. ITB.
- DRI. (2016). *Air Quality Monitoring System Assessment Report and Recommendations for DKI Jakarta. Breath Easy Jakarta Project*.
- Driejana. (2009). Identifying Gaps and Needs in the Development of a National Air Quality Management Policy in Indonesia. In *Proceedings of International Conference on Air Quality Management in South East Asia*. Bangkok: Asian Institute of Technology.
- Driejana, Mayangsari, M., & Riqqi, A. (2015). 30"-Grid Resolution Of Domestic Emission Mapping In Bandung City. In *Proceedings of Environmental Technology and Management Conference (ETMC)*. Bandung.
- Eeftens, M., Tsai, M., Ampe, C., Anwander, B., Beelen, R., Bellander, T., ... Hoek, G. (2012). Spatial Variation of PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{2.5} Absorbance and PM Coarse Concentrations Between and Within 20 European Study Areas and the Relationship with NO₂ e Results of the ESCAPE Project, 62. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.038>
- ESCAPE. (2014). *European Study for Cohort of Air Pollution Effects*. Retrieved from <http://www.escapeproject.eu/>
- Hansen, K. (2013). *More People More Air Pollution*. NASA Earth Science News Team.
- Min, L. A., Ming, L. C., & Jian, L. Z. (2002). Modeling Middle Urban Population Density with Remote

- Sensing Imagery. In *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Application*.
- Riqqi, A. (2008). *Pengembangan Model Distribusi Populasi Penduduk pada Sistem Grid Skala Ragam untuk Pengelolaan Wilayah Pesisir*. Institut Teknologi Bandung.
- Riqqi, A., Fitria, A., Prijatna, K., Pratama, Egi, R., & Mahmudy, J. (2011). Indonesian Multiscale Grid System for Environmental Data. In *Asian Geospasial Forum (AGF)*. Jakarta.
- Rusdi, S. (2014). *Pembangunan Model Distribusi Populasi Penduduk Resolusi Tinggi untuk Wilayah Indonesia Menggunakan Sistem Grid Skala Ragam*. Institut Teknologi Bandung.
- Soedomo, M. (2001). *Pencemaran Udara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- UDARA. (2018). *Urban Hybrid Models for Air Pollution Exposure Assessment*.
- WHO. (2016). *Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. World Health Organization.
<http://doi.org/https://doi.org/9789241511353>