

ANALISIS TINGKAT POTENSI PENCEMARAN UDARA AKIBAT KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN PASAR KLIWON

ANALYSING THE POTENTIAL LEVEL OF AIR POLLUTION DUE TO MOTORIZED VEHICLES USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN PASAR KLIWON SUB-DISTRICT

Iqbal Afriansyah Wicaksono¹⁾ dan Hamim Zaky Hadibasyir^{1,2*)}

¹⁾Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jalan Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57162, Jawa Tengah, Indonesia Surakarta, Indonesia

²⁾Geo-information and Data Analytics Research Group (GiDA), Kartasura, Sukoharjo 57169, Jawa Tengah, Indonesia

***E-mail: hamim.zaky.h@ums.ac.id**

Abstrak

Kecamatan Pasar Kliwon adalah salah satu kecamatan di Kota Surakarta yang memiliki banyak pusat perbelanjaan, pertokoan, pasar, pendidikan, dan juga objek wisata. Oleh karena itu, masyarakat banyak menggunakan kendaraan bermotor untuk mempermudah dalam mobilitas aktivitasnya. Hal ini yang membuat Kecamatan Pasar Kliwon sangat berpotensi untuk terjadinya pencemaran udara akibat kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran faktor – faktor yang mempengaruhi tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor dan menganalisis sebaran tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor di Kecamatan Pasar Kliwon. Penelitian ini menggunakan integrasi data penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan teknik overlay berjenjang tertimbang. Penentuan analisis potensi tingkat pencemaran udara akibat kendaraan bermotor menggunakan 4 parameter, yaitu jarak terhadap jalan, jarak terhadap lampu lalu lintas, keteraturan bangunan, dan kerapatan vegetasi. Validasi pemodelan spasial dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan dengan data dari aplikasi Breezometer. Hasil pemodelan spasial memiliki tingkat keakuratan 82,4%. Tingkat pencemaran udara kelas tinggi memiliki luas 2,99 Km² atau 61,5% dari total wilayah Kecamatan Pasar Kliwon. Kelas tinggi terjadi karena berada dekat dengan jalan arteri dan jalan kolektor, dekat dengan lokasi lampu lalu lintas, vegetasi pepohonan yang tidak ada, dan pola keteraturan bangunan yang tidak teratur karena banyaknya permukiman padat penduduk. Kelas pencemaran udara sedang memiliki luas 1,87 Km² atau 38,3% dari total wilayah Kecamatan Pasar Kliwon. Kelas rendah hanya memiliki luas 0,01 Km² atau 0,2% dari total wilayah Kecamatan Pasar Kliwon. Integrasi penginderaan jauh dan SIG dapat digunakan sebagai alternatif untuk pemetaan sebaran potensi pencemaran udara di perkotaan.

Kata kunci: Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor, Metode Berjenjang Tertimbang, SIG, Kecamatan Pasar Kliwon.

Abstract

The Pasar Kliwon Subdistrict, situated within the municipality of Surakarta, encompasses a plethora of commercial hubs, educational facilities, and tourist destinations. Consequently, the populace heavily depends on motorized transportation to facilitate their daily routines and mobility. This prevalent reliance on motor vehicles significantly amplifies the likelihood of air pollution within the Pasar Kliwon Subdistrict. This study aims to analyze the distribution of factors influencing the potential level of air pollution due to motor vehicles and to assess the distribution of potential air pollution levels caused by motor vehicles in the Pasar Kliwon Subdistrict. The research employed an integration of remote sensing data and Geographic Information System

(GIS) with a weighted multi-layer overlay technique. The determination of potential levels of air pollution due to motor vehicles utilizes four parameters, namely distance from roads, distance from traffic lights, building regularity, and vegetation density. The spatial modeling validation was conducted by comparing the modeling results with data from the Breezometer application. The spatial modeling achieved an accuracy level of 82.4%. High-level air pollution areas cover an area of 2.99 square kilometers, accounting for 61.5% of the total area of the Pasar Kliwon Subdistrict. High-level pollution areas are attributed to their proximity to arterial and collector roads, proximity to traffic light, lack of vegetation, and irregular building patterns due to dense residential settlements. Moderate pollution areas cover an area of 1.87 square kilometers, representing 38.3% of the total area of the Pasar Kliwon Subdistrict. Low pollution areas only occupy an area of 0.01 square kilometers, accounting for 0.2% of the total area of the Pasar Kliwon Subdistrict. The integration of remote sensing and GIS can be utilized as an alternative for mapping the distribution of air pollution potential in urban areas.

Keywords: *Motor vehicle's air pollution, The Weighted Multi-Layer Overlay, GIS, Pasar Kliwon Subdistrict*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat di suatu daerah setiap tahun dapat mengakibatkan peningkatan pembangunan fisik kota. Peningkatan pertumbuhan penduduk akan berpengaruh terhadap jumlah kendaraan bermotor karena kebutuhan dan aktifitas penduduk akan semakin meningkat. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor akan berpengaruh terhadap kualitas udara yang ada pada suatu wilayah. Kecamatan Pasar Kliwon merupakan kecamatan yang terdapat Keraton Surakarta Hadiningrat di wilayahnya, menjadikan Kecamatan Pasar Kliwon sebagai destinasi wisata budaya dan sejarah. Banyaknya objek wisata budaya dan sejarah di Kecamatan Pasar Kliwon mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan fisik di Kecamatan Pasar Kliwon yang signifikan. Hal ini tentu akan meningkatkan mobilitas masyarakat di jalanan, seperti terjadinya kepadatan arus lalu lintas yang dapat membuat kemacetan. Peningkatan jumlah penduduk ini mengakibatkan peningkatan aktivitas masyarakat dan berpotensi untuk menimbulkan pencemaran udara. Pencemaran udara ialah proses masuknya zat dari luar yang ada di udara dalam besaran yang dapat menyebabkan perubahan bentuk atmosfer dari keadaan normal (Sunu, 2001). Perbedaan dengan sektor-sektor lain yang berpotensi merubah kualitas udara, sektor transportasi merupakan sektor yang sangat berpengaruh terhadap kualitas udara. Sektor transportasi

sangat berpengaruh terhadap kualitas udara karena hampir 24 jam transportasi digunakan sehingga menghasilkan karbon monoksida terbanyak.

Kontribusi gas buang kendaraan bermotor di kota – kota besar merupakan sumber polusi udara terbesar yang mencapai 60 – 70% (Anonim, 2009). Tinggi rendahnya tingkat potensi pencemaran udara dapat dideteksi melalui teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografi. Integrasi dari kedua ilmu tersebut akan dapat memberikan manfaat untuk mendeteksi tingkat potensi pencemaran udara melalui pendekatan spasial. Contoh penelitian kualitas udara yang menggunakan metode sistem informasi geografi adalah penelitian Agus Tri Basuki yang berjudul Pemetaan Polusi Udara Perkotaan di Provinsi Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah metode SIG dengan teknik *Kriging*. Penelitian kali ini akan menggunakan metode pemodelan spasial berjenjang tertimbang dengan lokasi penelitian di Kecamatan Pasar Kliwon. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa 4 parameter yaitu keteraturan bangunan, kerapatan vegetasi, jarak terhadap jalan, dan jarak terhadap lampu lalu lintas. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis 4 faktor yang disebutkan diatas terhadap tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor.

2. METODE

Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah integrasi penginderaan jauh dan SIG. Data primer yang dianalisis antara lain Citra Pleiades dan data RBI Kota Surakarta. Citra Pleiades didapat dari DPUPR Kota Surakarta yang digunakan untuk analisis parameter kerapatan vegetasi dan keteraturan bangunan. Data RBI Kota Surakarta diunduh dari laman inageoportal dari BIG yang digunakan untuk analisis jarak terhadap jalan. Analisis jarak terhadap lampu lalu lintas menggunakan *plotting* titik secara langsung di lapangan. Analisis tingkat potensi pencemaran udara menggunakan metode pemodelan spasial berjenjang tertimbang. Terakhir, uji validasi tingkat potensi pencemaran udara dilakukan dengan aplikasi *Breezometer*. Parameter yang digunakan dalam analisis tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor ada empat yaitu pola keteraturan bangunan, kerapatan vegetasi, jaringan jalan, dan lokasi keberadaan lampu lalu lintas

2.1 Pola Keteraturan Bangunan

Pola keteraturan bangunan merupakan salah satu data primer yang digunakan sebagai parameter dalam menganalisis distribusi polutan kendaraan bermotor. Klasifikasi tingkat keteraturan bangunan dilihat dari keteraturan letak dan besar kecilnya bangunan diantaranya. Klasifikasi pola keteraturan bangunan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Pola Keteraturan Bangunan

No	Kriteria	Harkat	Keterangan
1	Teratur	1	Bentuk, ukuran dan hadap bangunan relatif seragam
2	Agak teratur	3	Bangunan induk teratur, tetapi mengalami kepadatan
3	Tidak Teratur	5	Bentuk, ukuran dan hadap bangunan relatif tidak seragam

Sumber: Sulistyarningsih, 1995

2.2 Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi yang digunakan dalam deteksi tingkat pencemaran udara adalah persentase lahan yang tertutup oleh vegetasi jenis pepohonan. Kerapatan vegetasi dapat dicari dengan membandingkan luas lahan dengan luas tutupan kanopi pepohonan yang ada pada lahan tersebut. Tingkat kerapatan vegetasi dinyatakan dalam persen (%). Berikut formula untuk menghitung kerapatan vegetasi.

$$\text{Kerapatan vegetasi} = \frac{(\text{Luas tutupan kanopi} \times 100\%)}{\text{Luas blok vegetasi (lahan)}}$$

Klasifikasi yang digunakan untuk kerapatan vegetasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi

Kelas	Tingkat Kanopi	Kriteria	Harkat
I	< 10 %	Sangat Jarang	5
II	10 % - 24 %	Jarang	4
III	25 % - 39 %	Sedang	3
IV	40 % - 54 %	Rrapat	2
V	> 54%	Sangat Rapat	1

Sumber: Sulistyarningsih, 1995

2.3 Jarak Terhadap Jalan

Penelitian ini hanya menggunakan jalan arteri dan jalan kolektor. Hal tersebut dilakukan karena kedua jenis jalan tersebut memiliki arus kendaraan yang sedang hingga padat khususnya pada jam 06:00 – 08:00 WIB yang merupakan jam dari semua kegiatan perekonomian, perkantoran dan sekolahan dimulai dan 16:00 – 18:00 WIB yang merupakan jam dari semua kegiatan perekonomian, perkantoran dan sekolahan berakhir. Klasifikasi jarak terhadap jalan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Jarak Terhadap Jalan

Kelas	Jarak (m)	Kriteria	Harkat
I	< 100	Sangat Dekat	5
II	100 – 299	Dekat	4
III	300 – 499	Sedang	3
IV	500 – 699	Jauh	2
V	> 700	Sangat jauh	1

Sumber: Sulistyarningsih, 1995

2.4 Jarak Terhadap Lampu Lalu Lintas

Deteksi keberadaan lampu lalu lintas dapat dilakukan dengan pengetahuan lokal dari seorang peneliti (*local knowledge*) atau juga bisa dilakukan *plotting* titik lampu lalu lintas di lapangan secara langsung. Teknik yang digunakan untuk memperoleh sebuah peta jarak terhadap lampu lalu lintas maka dilakukan proses *buffer* dengan ketentuan klasifikasi pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Jarak Terhadap Lampu Lalu Lintas

Kelas	Jarak (m)	Kriteria	Harkat
I	< 100	Sangat Dekat	5
II	100 – 199	Dekat	4
III	200 – 299	Sedang	3
IV	300 – 399	Jauh	2
V	400 – 500	Sangat jauh	1

Sumber: Sulistyaningsih, 1995

Overlay atau tumpang susun merupakan proses menggabungkan antara dua atau beberapa peta atau data menjadi satu sehingga akan didapatkan data atau informasi baru (Mustika, 2010). Syarat melakukan *overlay* adalah daerah yang diteliti harus sama, koordinatnya sama, dan memiliki lebih dari satu peta tematik. Penentuan tingkat potensi pencemaran udara menggunakan keempat parameter yang sudah dilakukan pengkelasan klasifikasi, yaitu keteraturan bangunan, kerapatan vegetasi, jarak terhadap jalan, dan jarak terhadap lampu lalu lintas. *Tools* yang digunakan untuk *overlay* adalah *intersect* dan *tools dissolve* untuk menyederhanakan atribut tabel.

Analisis data dilakukan untuk melihat tingkat potensi pencemaran udara pada lampu lalu lintas berdasarkan data-data yang telah diperoleh. Metode pemodelan spasial yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pemodelan spasial berjenjang tertimbang, yaitu suatu metode pemodelan spasial yang setiap variabelnya memiliki bobot atau nilai yang berbeda untuk digunakan dalam suatu penelitian. Setiap hasil penilaian faktor pembobot masing-masing variabel yang

digunakan nantinya akan dilakukan penentuan kelas tingkat pencemaran udara. Penentuan kelas tingkat potensi pencemaran udara dibagi menjadi tiga tingkatan dimana penentuan kelas interval dilakukan berdasarkan kemungkinan total harkat dengan rumus berikut:

$$\text{Kelas interval} = \frac{\text{Skor tertinggi} - \text{Skor terendah}}{\text{Jumlah kelas}}$$

Berdasarkan formula tersebut maka dapat dipertimbangkan harkat pada setiap parameter, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Faktor Pembobot Setiap Variabel

No	Parameter	Faktor Pembobot	Harkat	
			Tertinggi	Terendah
1	Pola keteraturan bangunan	1	5	1
2	Kerapatan vegetasi	3	5	1
3	Jarak terhadap jalan	2	5	1
4	Jarak terhadap lampu lalu lintas	2	5	1

Sumber: Majid, 2011

Hasil antara analisis faktor pembobot perhitungan formula kelas interval dapat ditentukan formula tingkat pencemaran udara sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Pencemaran Udara} = (1*KB) + (3*KV) + (2*JTJ) + (2*JTTL)$$

Keterangan:

KB : Keteraturan Bangunan

KV : Kerapatan Vegetasi

JTJ : Jarak Terhadap Jalan

JTTL : Jarak Terhadap Lampu Lalu Lintas

Penentuan kelas tingkat potensi pencemaran udara dapat ditentukan dari skor tertinggi faktor pembobot setiap variabel dan juga skor terendah faktor pembobot setiap variabel, seperti perhitungan dan tabel dibawah ini:

$$\text{Skor Tertinggi} : (1*5) + (3*5) + (2*5) + (2*5) = 40$$

$$\text{Skor Terendah} : (2*1) + (2*1) + (3*1) + (1*1) \\ = 8$$

$$\text{Kelas Interval} = \frac{40-8}{3} \\ = 10,67 \rightarrow \text{Pembulatan} \\ \text{menjadi } 11$$

Klasifikasi tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Klasifikasi Potensi Pencemaran Udara

Kelas	Interval Total Harkat	Keterangan
I	8 – 18	Rendah
II	19 – 29	Sedang
III	30 – 40	Tinggi

Sumber: Ritohardoyo, 2004

Validasi berasal dari istilah validitas yang berarti ketepatan dan ketelitian suatu alat ukur dalam menjalankan fungsi besarnya (Saifudin, 1986). Validasi diperlukan dalam penelitian ini untuk menguji keakuratan model spasial yang sudah dibuat dengan keadaan sebenarnya yang ada di lapangan. Pengujian validasi pada penelitian ini menggunakan aplikasi yang ada di *Smartphone*, yaitu *Breezometer*. Teknik validasi yang digunakan adalah menggunakan metode *stratified random sampling*. Hasil dari validasi lapangan dibandingkan dengan hasil pemodelan spasial tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor. Penentuan jumlah sampel pada setiap kelas menggunakan rumus Slovin.

Hasil perhitungan total sampel tiap kelas di atas langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah sampel setiap kelas menggunakan rumus *stratified random sampling*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Jumlahh Sampel Setiap Kelas

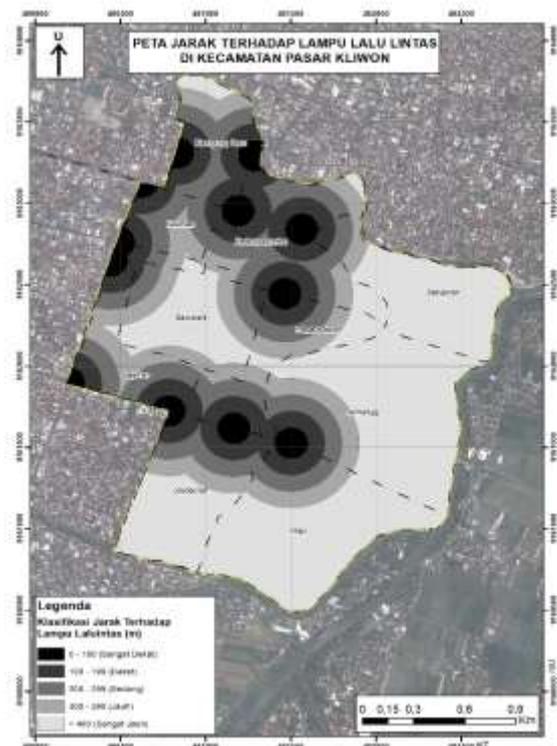
Kelas	Perhitungan	Jumlah Sampel Setiap Kelas
Rendah	$\frac{1}{20} \times 17$	0,85 dibulatkan 1
Sedang	$\frac{11}{20} \times 17$	9,35 dibulatkan 9
Tinggi	$\frac{8}{20} \times 17$	6,8 dibulatkan 7
Total Sampel		17

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Potensi Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor

3.1.1 Jarak Terhadap Lampu Lalu Lintas

Peta jarak terhadap lampu lalu lintas tersebut terdapat informasi persebaran lokasi lampu lalu lintas dan daerah-daerah yang masuk ke dalam lingkup tempat akumulasi gas buang kendaraan bermotor. Lampu lalu lintas merupakan tempat yang paling sering terjadi pencemaran udara dan terus meningkat. Data hasil survei menunjukkan bahwa keberadaan lampu lalu lintas ini hampir ada di setiap persimpangan jalan, seperti daerah perempatan dan pertigaan jalan.



Gambar 1. Peta Jarak Terhadap Lampu Lalu Lintas

Informasi yang didapat dari Gambar 1 adalah persebaran lokasi lampu lalu lintas yang berada pada sisi barat, utara, serta selatan Kecamatan Pasar Kliwon. Lampu yang dimaksud berada di jalan arteri dan jalan kolektor, yaitu Jalan Slamet Riyadi, Jalan Yos Sudarso, Jalan Veteran, Jalan

Kyai Mojo, dan Jalan Kapten Mulyadi. Bagian timur dari Kecamatan Pasar Kliwon tidak terdapat lampu lalu lintas karena distribusi kendaraan di bagian timur tidak sepadat dan sebanyak di bagian barat, utara, dan selatan Kecamatan Pasar Kliwon. Ada 2 titik yang bukan lampu lalu lintas akan tetapi wilayah tersebut cukup padat, yaitu Monumen Patung Slamet Riyadi dan Tugu Pemandangan.

Peta jarak terhadap lampu lalu lintas di Kecamatan Pasar Kliwon memiliki 5 kelas dan diberi gradasi abu – abu muda hingga hitam. Warna hitam kelas sangat dekat gradasi sampai abu – abu muda kelas sangat jauh. Kelas sangat dekat memiliki rentang jarak dari lampu lalu lintas sejauh 0 – 100 meter. Kelas dekat memiliki rentang jarak dari lampu lalu lintas sejauh 100 – 199 meter. Kelas sedang memiliki rentang jarak dari lampu lalu lintas sejauh 200 – 299 meter. Kelas jauh memiliki rentang jarak dari lampu lalu lintas sejauh 300 – 399 meter. Kelas sangat jauh memiliki rentang jarak dari lampu lalu lintas sejauh lebih dari 400 meter.

Hubungan antara lampu lalu lintas dengan pencemaran udara adalah terletak pada kendaraan yang berhenti pada titik lampu lalu lintas, semakin banyak kendaraan yang berhenti maka polusi yang dihasilkan di sekitar lampu lalu lintas akan semakin banyak, begitu juga sebaliknya. Jarak dengan lampu lalu lintas juga menjadi salah satu pertimbangan dalam menentukan tingkat potensi pencemaran udara yaitu semakin dekat jarak dengan lampu lalu lintas maka tingkat polusi akan semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan teori menurut Sulistyarningsih (1995), bahwa wilayah yang semakin dekat dengan lampu lalu lintas maka nilai harkatnya lebih tinggi dan wilayah yang jauh dari lampu lalu lintas sehingga nilai harkatnya akan rendah. Penentuan bobot dalam tingkat potensi pencemaran udara untuk parameter jarak terhadap lampu lalu lintas bernilai 2. Hal ini karena jarak terhadap lampu lalu lintas memiliki peran yang penting dalam analisis tingkat pencemaran udara akibat kendaraan bermotor. Semakin banyak lampu merah yang ada pada suatu wilayah maka polusi

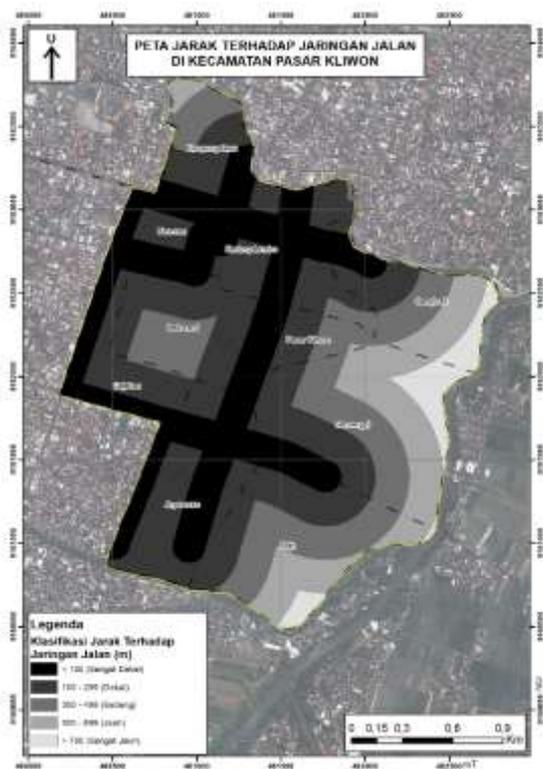
udara yang dihasilkan akan semakin tinggi dalam waktu dan wilayah tertentu.

3.1.2 Jarak Terhadap Jaringan Jalan

Jaringan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (UU nomor 38 tahun 2004 tentang Jalan). Karena banyaknya aktivitas lalu lintas pada jaringan jalan tersebut, maka potensi pencemaran udaranya semakin tinggi. Gambar 2 merupakan peta jarak terhadap jalan yang digunakan sebagai parameter tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor.

Peta jarak terhadap jalan di Kecamatan Pasar Kliwon memiliki 5 kelas dan diberi warna gradasi hitam sampai abu -abu muda. Warna hitam mendefinisikan kelas sangat dekat dan seterusnya sampai warna abu – abu muda didefinisikan sebagai kelas sangat jauh. Kelas sangat dekat memiliki rentang jarak dari jaringan jalan sejauh kurang dari 100 meter. Kelas dekat memiliki rentang jarak dari jaringan jalan sejauh 100 – 299 meter. Kelas sedang memiliki rentang jarak dari jaringan jalan sejauh 300 – 499 meter. Kelas jauh memiliki rentang jarak dari jaringan jalan sejauh 500 – 699 meter. Kelas terakhir atau kelas sangat jauh memiliki rentang jarak dari jaringan jalan sejauh lebih dari 700 meter. Kategori Kelas sangat dekat, banyak terdapat di bagian barat, utara, selatan, dan tengah dari Kecamatan Pasar Kliwon. Hal ini dikarenakan pada bagian barat, utara, selatan, dan tengah Kecamatan Pasar Kliwon pembangunan dan aktivitas masyarakatnya tinggi. Kecamatan Pasar Kliwon juga memiliki alun – alun, keraton, benteng vesternberg, dan balaikota yang menyebabkan banyak wisatawan datang ke wilayah tersebut. Oleh karena itu, bagian barat, utara, selatan dan tengah terdapat jalan arteri dan jalan kolektor, sedangkan pada bagian timur hanya terdapat jalan lokal saja dan

pada peta hanya terdapat kelas sedang, jauh, dan sangat jauh.



Gambar 2. Peta Jarak Terhadap Jaringan Jalan

Jaringan jalan sangat terkait dengan tingkat pencemaran udara khususnya yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor. Jaringan jalan saat ini berperan besar dalam penyebab pencemaran udara akibat kendaraan bermotor. Ribuan kendaraan bermotor yang berjalan di atasnya akan mengeluarkan gas buang dan gas buang kendaraan bermotor tersebut berperan sebagai sumber pencemaran udara. Jumlah kendaraan yang cukup padat inilah maka dapat diketahui bahwa jaringan jalan merupakan tempat akumulasi gas buang kendaraan bermotor yang mencemari udara. Semakin dekat jarak suatu lokasi maka tingkat pencemarannya akan tinggi. Hal ini sesuai dengan Neny (1999), bahwa jumlah kendaraan bermotor di kota-kota besar semakin bertambah sehingga secara periodik akan terjadi kemacetan lalu lintas di jalur utama pada jam tertentu yang mengakibatkan peningkatan partikel dan gas buangan.

3.1.3 Keteraturan Bangunan

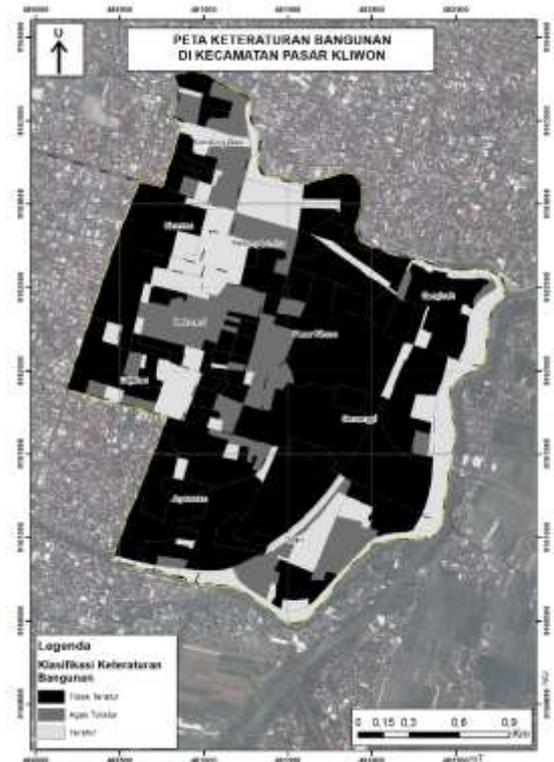
Peta keteraturan bangunan didapatkan dari identifikasi kenampakan objek bangunan dari citra satelit yang dapat dilihat pada Gambar 3. Interpretasi dilakukan dengan membatasi blok bangunan dengan batas fisik yang dekat dan jelas, yaitu jaringan jalan. Jalan digunakan sebagai batas karena dalam proses interpretasi jalan terlihat jelas dan tegas. Adapun cara identifikasinya adalah dengan memperhatikan bentuk, ukuran dan arah hadap bangunan. Peta keteraturan bangunan Kecamatan Pasar Kliwon memiliki 3 kelas. Informasi peta pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa kelas teratur memiliki harkat 1 dan pada peta diberi warna abu – abu muda. Kelas teratur memiliki ciri bangunan adalah bentuk, ukuran dan hadap bangunan relatif seragam. Kelas kedua adalah kelas agak teratur yang memiliki harkat 3 dan pada peta diberi warna abu – abu tua. Kelas agak teratur memiliki ciri bangunan induk teratur tetapi mengalami kepadatan bangunan. Kelas ketiga adalah kelas tidak teratur memiliki harkat 5 dan pada peta diberi warna hitam.

Pola keteraturan bangunan dalam pencemaran udara berpengaruh terhadap distribusi polutan yang ada. Semakin teratur bangunannya maka distribusi polutan di suatu wilayah akan semakin cepat keluar dari wilayah tersebut sehingga tingkat pencemaran udara dapat berkurang. Akan tetapi, jika wilayah bangunan tersebut tidak teratur maka karbon monoksida yang berada di udara tidak akan keluar dari area tersebut dengan cepat. Pola keteraturan bangunan ini erat kaitannya dengan kecepatan angin yang ada. Wilayah dikatakan memiliki bangunan yang tidak teratur apabila tidak adanya rongga yang cukup luas antara satu bangunan dengan bangunan yang lain atau tingkat kerapatan antara satu bangunan dengan bangunan lain tersebut sempit.

Kelas tidak teratur memiliki ciri bentuk, ukuran dan arah hadap bangunan relatif tidak seragam. Informasi dari peta yang sudah dibuat bahwa kelas tidak teratur mendominasi wilayah Kecamatan Pasar Kliwon. Hal ini karena banyak bentuk dan arah hadap bangunan yang ada tidak seragam. Kelas teratur banyak terdapat

kecamatan Kauman, Kedung Lumbu, bagian utara Baluwarti, bagian timur Semanggi, dan bagian selatan Mojo. Hal ini karena permukiman atau bangunan yang ada di kecamatan Kauman, Kedung Lumbu, dan Baluwarti tersebut tidak boleh sembarangan dalam hal pembangunannya, karena terdapat alun – alun dan keraton. Tidak hanya di sekitar alun – alun dan keraton, kelas teratur banyak terdapat di selatan dan timur Kecamatan Pasar Kliwon. Bagian selatan terdapat markas dan permukiman brimob serta pada bagian timur bangunannya memiliki ukuran dan arah hadap yang relatif seragam. Kelas agak teratur banyak terdapat di sekitar balaikota dan keraton Surakarta. Hal ini karena memiliki ciri bangunan induk relatif seragam tapi mengalami kepadatan dan arah hadapnya tidak seragam. Kelas tidak teratur tersebar di seluruh Kecamatan Pasar Kliwon, bangunan yang mendominasi kelas tidak teratur adalah permukiman. Hal ini disebabkan oleh bentuk, ukuran dan arah hadap bangunan tidak seragam.

Hasil interpretasi yang telah dilakukan, pola keteraturan bangunan di Kecamatan Pasar Kliwon dominan tidak teratur. Sejalan dengan teori Sulistyarningsih (1995), bahwa bangunan tidak teratur memiliki ciri – ciri bentuk, ukuran, dan arah hadap bangunan relatif tidak seragam. Hal ini bisa disebabkan konsentrasi pembangunan yang kurang merata. Pola keteraturan bangunan tidak teratur tersebut didominasi oleh bangunan tempat tinggal. Rata – rata bangunan tidak teraturnya disebabkan oleh arah hadap bangunan dan ukuran bangunan tidak seragam. Hal ini dikarenakan karena Kecamatan Pasar Kliwon menjadi salah satu pusat ekonomi, pusat wisata, dll di Kota Surakarta, sehingga banyak warga yang memilih tinggal di Kecamatan Pasar Kliwon. Tidak hanya bangunan perumahan dan pertokoan di Pasar Kliwon juga banyak kos – kosan guna mendukung para warga dari luar kota yang ingin tinggal dan bekerja di Kota Solo khususnya Kecamatan Pasar Kliwon.



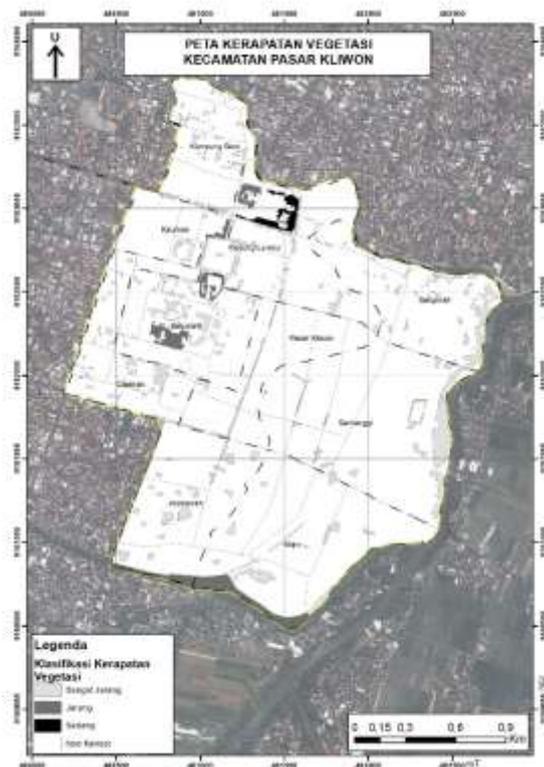
Gambar 3. Peta Keteraturan Bangunan

3.1.4 Kerapatan Vegetasi

Parameter yang terakhir berupa kerapatan vegetasi merupakan parameter yang mempunyai pengaruh paling besar terhadap tingkat pencemaran udara, sehingga kerapatan vegetasi diberi nilai faktor pembobotnya adalah 3. Vegetasi merupakan objek yang mempunyai kemampuan untuk mereduksi gas pencemar udara, seperti CO dan CO₂ (Setiawan & Hermana, 2013). Namun pada saat ini jarang ditemukan vegetasi jenis pepohonan terutama yang berada di samping jalan dan di area permukiman. Hal ini dikarenakan di sekitar jalan dan area permukiman sudah beralih fungsi lahan menjadi area terbangun. Vegetasi banyak ditemukan hanya di sekitar sungai, sekitar alun – alun dan keraton Surakarta.

Peran vegetasi sangat penting dalam mengurangi tingkat polutan di sekitar jalan dengan pengenceran konsentrasi polutan (Patra, 2002). Hal ini karena tumbuhan melakukan proses fotosintesis dimana dalam proses tersebut menyerap karbon dioksida (CO₂) yang

kemudian menghasilkan oksigen. Proses tersebut sangat dibutuhkan dalam mengatasi polusi udara yang ada di perkotaan (Alamedah, 2010 dalam Pradiptiyas et al, 2011). Oleh karena itu, vegetasi memiliki peranan yang penting dalam menentukan tingkat pencemaran udara. Gambar 4 merupakan Peta kerapatan vegetasi yang digunakan untuk analisis tingkat potensi pencemaran udara. Informasi yang bisa didapatkan dari peta Gambar 4 adalah peta kerapatan vegetasi Kecamatan Pasar Kliwon didominasi oleh klasifikasi non kanopi. Warna klasifikasi non kanopi berwarna putih. Hal ini menjadikan Kecamatan Pasar Kliwon sudah didominasi oleh bangunan dan infrastruktur guna membantu aktivitas masyarakat. Kanopi yang ada di Kecamatan Pasar Kliwon hanya sedikit.



Gambar 4. Peta Kerapatan Vegetasi

Informasi pada peta terdapat 3 kelas kerapatan vegetasi. Kelas sangat jarang pada peta berwarna abu – abu muda yang memiliki harkat 5 dan tingkat kerapatan vegetasinya kurang dari 10 %. Kelas jarang pada peta berwarna abu – abu tua yang memiliki harkat 4 dan tingkat

kerapatan kanopinya adalah 10 – 24 %. Kelas sedang pada peta berwarna hitam yang memiliki harkat 3 dan tingkat kerapatan kanopinya adalah 25 – 39 %. Kelas sedang terdapat di sekitar Benteng Vasternberg. Sementara, kelas jarang berada di selatan Kecamatan Pasar Kliwon, barat kecamatan pasar kliwon berbatasan dengan sungai bengawan solo dan berada di sekitar alun – alun. Tidak adanya kelas rapat dan sangat rapat di Kecamatan Pasar Kliwon karena sudah banyaknya alih fungsi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun.

3.2 Sebaran Tingkat Potensi Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor di Kecamatan Pasar Kliwon

3.2.1 Tingkat Potensi Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor

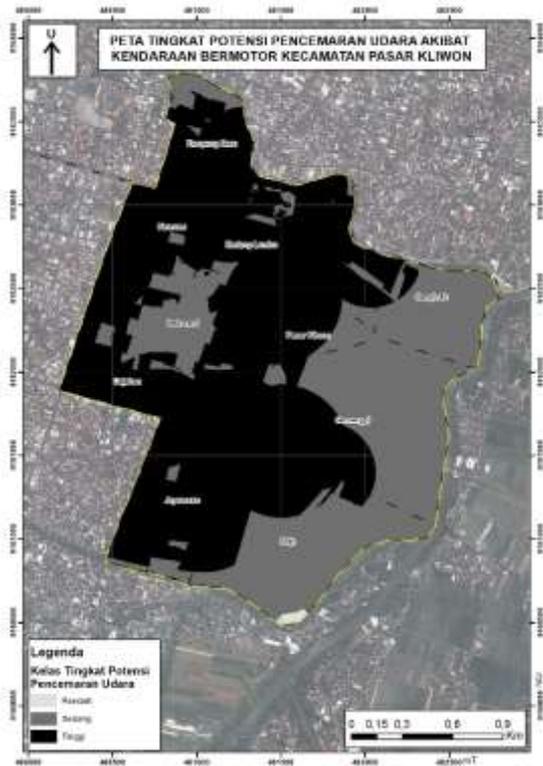
Pengolahan parameter – parameter tersebut menggunakan metode pengharkatan berjenjang tertimbang. Metode pengharkatan berjenjang tertimbang yaitu suatu metode pemberian faktor pembobot terhadap parameter dimana besar kecilnya faktor pembobot tergantung dari seberapa besar suatu parameter terhadap analisis yang dilakukan, dalam kasus penelitian saat ini adalah pencemaran udara akibat kendaraan bermotor. Adanya faktor pembobot yang diberikan pada setiap parameter nantikan akan diketahui tingkat pencemaran udaranya setelah dilakukan tumpang susun dari peta – peta yang berkaitan dengan deteksi tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor.

Peta tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor didapat dari hasil *overlay* 4 parameter, yaitu jarak terhadap lampu lalu lintas, jarak terhadap jalan, keteraturan bangunan, dan kerapatan vegetasi. Informasi yang dapat dilihat dari peta adalah kelas rendah dengan warna abu – abu muda pada peta dan memiliki total harkat adalah 8 -18. Kelas sedang dengan warna abu – abu tua pada peta dengan total jumlah harkat 19 – 29. Kelas tinggi berwarna hitam dengan total jumlah harkat 30 – 40. Peta tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor dapat dilihat pada Gambar 5. Rekapitulasi luas tingkat pencemaran

udara akibat kendaraan bermotor di Kecamatan Pasar Kliwon disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Luas Tingkat Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor di Kecamatan Pasar Kliwon

No	Kelas	Presentase total wilayah	Luas (Km ²)
1	Rendah	0,2%	0,01
2	Sedang	38,3%	1,87
3	Tinggi	61,5%	2,99



Gambar 5. Peta Tingkat Potensi Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor di Kecamatan Pasar Kliwon

Kelas tingkat potensi pencemaran udara yang didominasi oleh kelas tinggi atau dengan total jumlah harkat antara 30 – 40. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 8 bahwasanya kelas tinggi memiliki luas 2,99 Km² atau 61,5% dari total wilayah Kecamatan Pasar Kliwon. Hal tersebut terjadi karena di Kecamatan Pasar Kliwon sudah jarang ditemukan vegetasi tinggi atau yang memiliki kanopi seperti pohon terutama di

sekitar jalan dan pola keteraturan bangunan yang cenderung tidak teratur. Daerah yang banyak dijadikan pusat kegiatan, seperti pertokoan, wisata, sarana pendidikan menjadikan tingkat pencemaran udaranya tinggi. Kelas sedang memiliki luas 1,87 Km² atau 38,3% dari total wilayah Kecamatan Pasar Kliwon. Kelas rendah hanya memiliki luas 0,01 Km² atau 0,2% dari total wilayah Kecamatan Pasar Kliwon. Kelas tinggi dominan berada di barat Kecamatan Pasar Kliwon karena di bagian barat banyak terdapat titik lampu lalu lintas dan juga terdapat jalan arteri dan jalan kolektor. Kelas sedang banyak terdapat di timur Kecamatan Pasar Kliwon karena di bagian timur hanya sedikit lampu lalu lintas yang ada dan hanya terdapat sedikit jalan kolektor. Kelas rendah berada di ujung selatan Kecamatan Pasar Kliwon, karena berdasarkan parameter tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor di wilayah tersebut jauh dari hal – hal yang memberatkan. Contohnya jauh dari jaringan jalan utama, jauh dari lampu lalu lintas, kerapatan vegetasi yang masih ada.

Tingginya tingkat pencemaran udara akibat kendaraan bermotor pada beberapa ruas jalan tersebut, karena minimnya vegetasi yang ada terlebih khusus vegetasi tinggi seperti pohon, pola keteraturan bangunan yang tidak teratur di sepanjang ruas jalan. Vegetasi yang dapat menyerap CO yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor hingga kini sudah sangat minim jumlahnya di Kecamatan Pasar Kliwon. Menurut Mustika (2010), alih fungsi lahan untuk permukiman dan pertokoan merupakan salah satu faktor penyebab pencemaran udara. Masyarakat lebih memilih lahan yang ada untuk dijadikan sebagai permukiman dibandingkan untuk dengan menanam vegetasi pohon, terutama di daerah yang memiliki aktivitas masyarakat yang tinggi, seperti pertokoan, wisata, dan pendidikan. Hal ini berbanding lurus dengan data PUPR bahwasanya sebagian besar wilayah Kecamatan Pasar Kliwon adalah permukiman.

Tingginya tingkat pencemaran udara di Kecamatan Pasar Kliwon merupakan masalah

tersendiri bagi pemerintah daerah dan dapat menjadi fokus utama. Luas Kecamatan Pasar Kliwon, yaitu 4,88 Km², daerah yang memiliki tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor tingkat rendah kurang dari 1 % atau 0,2 % dari total luas Kecamatan Pasar Kliwon. Pencemaran udara merupakan masalah global yang dapat menjadi fokus utama pemerintah untuk menanganinya. Namun tidak hanya Pemerintah, masyarakat sekarang pun harus ikut pula untuk mengurangi tingkat pencemaran udara akibat kendaraan bermotor khususnya di Kecamatan Pasar Kliwon dengan cara menjaga dan melestarikan lingkungan.

3.2.2 Validasi Lapangan

Validasi diperlukan dalam penelitian ini untuk menguji keakuratan model spasial yang sudah dibuat dengan keadaan sebenarnya yang ada di lapangan. Pengujian validasi pada penelitian ini menggunakan bantuan aplikasi yang ada di *Smartphone*, yaitu *Breezometer*. Hasil dari validasi lapangan dibandingkan dengan hasil pemodelan spasial tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor. Tabel 9 merupakan hasil uji pemodelan spasial dengan kenampakan dilapangan menggunakan aplikasi *breezometer*.

Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil keakuratan pemodelan spasial dengan hasil cek lapangan, dengan rumus berikut:

$$\% \text{ Keakuratan Pemodelan Spasial} = \frac{\sum \text{Sampel Benar}}{\sum \text{Jumlah Sampel}} \times 100 = \frac{14}{17} \times 100 = 82,4 \%$$

Sampel yang diambil dari validasi lapangan adalah 17, yang terdiri dari 1 sampel dikelas rendah, 9 sampel dikelas sedang dan 7 sampel dikelas tinggi. Validasi lapangan dilakukan pada saat siang hari dan waktu pulang aktivitas masyarakat, agar supaya saat dilokasi sampel lagi puncak – puncaknya aktivitas masyarakat di luar ruangan. Tidak semua sampel tersebut sesuai dengan hasil pemodelan spasial yang telah dibuat.

Tabel 9. Hasil Uji Pemodelan Spasial dengan Kenampakan Lapangan

Kode	Koordinat UTM		Hasil Pemodelan Spasial	Kenampakan di Lapangan
	X	Y		
1	480687 mT	9163029 mU	Tinggi	Tinggi
2	480411 mT	9161960 mU	Tinggi	Tinggi
3	480697 mT	9161467 mU	Tinggi	Tinggi
4	480971 mT	9161048 mU	Tinggi	Sedang
5	481762 mT	9161399 mU	Tinggi	Tinggi
6	481339 mT	9162089 mU	Tinggi	Tinggi
7	481562 mT	9162874 mU	Tinggi	Tinggi
8	481281 mT	9160921 mU	Sedang	Sedang
9	481726 mT	9160971 mU	Sedang	Tinggi
10	482250 mT	9161156 mU	Sedang	Sedang
11	481937 mT	9161771 mU	Sedang	Sedang
12	481829 mT	9162027 mU	Sedang	Sedang
13	481958 mT	9162312 mU	Sedang	Sedang
14	482569 mT	9162273 mU	Sedang	Sedang
15	482339 mT	9162514 mU	Sedang	Sedang
16	480911 mT	9163685 mU	Sedang	Sedang
17	481532 mT	9160523 mU	Rendah	Sedang

Terdapat 3 sampel yang berbeda antara hasil pemodelan spasial dengan hasil validasi lapangan menggunakan *breezometer*. Sampel pertama yang berbeda adalah terjadi di kelas tinggi pada hasil pemodelan spasial, setelah dilakukan cek lapangan hasilnya adalah termasuk kelas sedang. Hal ini karena pada

tampilan layar nilai yang tampil adalah 50 dan termasuk *Good Air Quality*. Sampel kedua yang berbeda terjadi pada kelas sedang pada hasil pemodelan spasial, setelah di cek maka nilai yang tertampil di layar adalah 52 dan termasuk *Moderate Air Quality*. Sampel ketiga yang berbeda terdapat di kelas rendah pada hasil pemodelan spasial, setelah di cek lapangan hasil yang tampil di layar adalah 52 dan termasuk *Moderate Air Quality*.

4 KESIMPULAN

Tingkat potensi pencemaran udara akibat kendaraan bermotor di Kecamatan Pasar Kliwon didominasi oleh kelas tinggi karena sudah jarang ditemukan vegetasi. Pola keteraturan bangunan yang cenderung tidak teratur karena banyaknya permukiman padat penduduk. Karena dekat dengan jalan utama dan lampu lalu lintas, maka menyebabkan tingginya arus lalu lintas yang pada akhirnya menyebabkan gas buang yang tinggi. Akurasi hasil pemodelan spasial menunjukkan tingkat kesesuaian yang relatif tinggi sehingga integrasi penginderaan jauh dan SIG dengan parameter jarak terhadap jalan, jarak terhadap lampu lalu lintas, keteraturan bangunan, dan kerapatan vegetasi dapat digunakan sebagai alternatif pemetaan potensi pencemaran udara di perkotaan. Penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan parameter lingkungan yang belum diuji di penelitian ini guna mendapatkan akurasi pemodelan spasial yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2009). *Rencana Strategis BPLHD Provinsi Jawa Barat 2013 – 2018*. Bandung: BPLHD Jawa Barat.

Majid, I. M. (2011). Aplikasi Sistem Informasi Geografi Dan Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Potensi Tingkat Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor Di Kecamatan Gondokusuman Kota Yogyakarta. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Mustika, A. (2010). Deteksi Tingkat Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor Melalui Analisis Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi di Kecamatan Depok Kabupaten Sleman. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Neny, C. (1999). Pengaruh Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Keberadaan Jalur Hijau Terhadap Kualitas Udara Dan Parameter Iklim Di Kota Yogyakarta. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Patra, A. D. (2002). Faktor Tanaman dan Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Kemampuan Tanaman dalam Menyerap Polutan Gas NO₂. *Tesis*. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Pradiptyas, D., Assomadi, A. F., & Boedisantoso, R. (2011). Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau sebagai Penyerap Emisi CO₂ di Perkotaan Menggunakan Program Stella. *Jurnal Jurusan Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Ritohardoyo, S. (2004). *Interpretasi Data Analisis Statistik Untuk Kajian Geografi. Bahan Ajar Fakultas Geografi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.

Saifudin, A. (1986). *Validitas Dan Reliabilitas*. Jakarta: Rineka Cipta.

Setiawan, A., & Hermana, J. (2013). Analisa kecukupan ruang terbuka hijau berdasarkan penyerapan emisi CO₂ dan pemenuhan kebutuhan oksigen di Kota Probolinggo. *Jurnal Teknik*. POMIT Vol. 2 No. 1, D171–D174. Institut Negeri Surabaya. Surabaya.

Sulistyaningsih, A. (1995). Distribusi Suhu Udara Dan Faktor – Faktor Yang

Mempengaruhi Serta Pengaruhnya Terhadap Curah Hujan di Kotamadya Yogyakarta. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sunu, P. (2001). *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta: Grasindo.

Undang – Undang No. 38 Tahun 2008 Tentang Jalan.