

Analisis *Cluster* Tingkat Kualitas Udara Ambien Jalan Raya di DIY 2015

Imtitsal Puspa Wahyu Nabillah¹, Jaka Nugraha²

^{1,2}Program Studi Statistika, FMIPA Universitas Islam Indonesia

Email: imtitsalpsp75@gmail.com, jaka.nugraha@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 15 Mei 2017

Direvisi: 1 Juni 2017

Diterbitkan: 31 Juli 2017

Kata Kunci:

Kualitas Udara Ambien

Complete Linkage

Average Linkage

K-Means

Simpangan Baku

ABSTRAK

Tingkat pencemaran lingkungan hidup di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) meningkat di atas 250 persen dari tahun 2011 hingga 2014. Pencemaran tertinggi yang terjadi di DIY yaitu pencemaran udara. Pencemaran udara menyebabkan menurunnya kualitas udara ambien yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan dan gangguan kesehatan. Menurunnya kualitas udara ambien dikarenakan penggunaan bahan bakar fosil untuk sarana transportasi dan industri. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah pengelompokan jalan raya di DIY berdasarkan tingkat kualitas udara ambien. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan tingkat kualitas udara ambien berdasarkan variabel suhu, kebisingan, polutan NO₂, polutan SO₂, polutan Karbonmonoksida, polutan Ozon, polutan Timah Hitam, polutan Hidrocarbon, dan polutan Debu Diameter 10 pada 30 jalan raya di DIY tahun 2015 menggunakan metode *cluster* hierarki *complete linkage*, *average linkage*, dan metode *cluster* non-hierarki *k-means* yang dibentuk menjadi 4 *cluster* yaitu buruk, kurang baik, cukup baik, dan baik. Hasil pengelompokan dapat digunakan untuk memetakan kualitas udara ambien. Berdasarkan perbandingan nilai simpangan baku, didapatkan metode terbaik yaitu *average linkage* dengan rasio simpangan baku terkecil sebesar 0,30. Hasil akhir yang didapatkan yaitu masing-masing 10 jalan raya dengan kualitas udara ambien baik, 18 jalan raya dengan kualitas udara ambien cukup baik, 1 jalan raya dengan kualitas udara ambien kurang baik, serta 1 jalan raya dengan kualitas udara ambien buruk.

Copyright © 2017 SIMANIS.
All rights reserved.

Korespondensi:

Imtitsal Puspa Wahyu Nabillah, Jaka Nugraha

Program Studi Statistika Fakultas MIPA,

Universitas Islam Indonesia,

Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta Indonesia

Email: imtitsalpsp75@gmail.com, jaka.nugraha@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan faktor penting dalam kehidupan makhluk hidup. Menurut Fardiaz (1992), udara merupakan suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H₂O dan karbon dioksida (CO₂). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. [3] Seiring dengan majunya zaman, jumlah bangunan dan kendaraan juga semakin banyak. Banyaknya bangunan yang dibangun menyebabkan makin sempitnya lahan terbuka hijau. Sedangkan kenaikan jumlah kendaraan juga tidak sebanding dengan lebar jalan raya yang ada. Berdasarkan buku "Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka Tahun 2015" yang diterbitkan oleh BPS DIY, jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar di DIY mengalami peningkatan dalam kurun waktu tahun 2005 sampai 2014. Tahun 2005 tercatat bahwa jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar di DIY sebanyak 888.161 unit. Sedangkan jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar di DIY pada tahun 2014 tercatat sebanyak 2.096.005 unit (naik 9,05 persen dari tahun 2013) yang terdiri dari mobil penumpang sebesar 9,27 persen, mobil barang sebesar 2,76 persen, bus sebesar

0,55 persen, dan sepeda motor 87,40 persen.[4] Peningkatan jumlah kendaraan ini juga menyebabkan peningkatan penggunaan bahan bakar fosil untuk sarana transportasi yang berdampak pada menurunnya kualitas udara. Penggunaan bahan bakar fosil untuk sarana transportasi memiliki dampak pencemaran udara yang cukup berarti. Pencemaran udara ini telah menyebabkan menurunnya kualitas udara sehingga mengganggu kenyamanan bahkan telah menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan.

Kualitas udara adalah pencerminan dari konsentrasi parameter kualitas udara yang ada dalam udara. Semakin besar konsentrasi parameter kualitas udara, maka kualitas udara semakin buruk. Begitupun sebaliknya semakin kecil konsentrasi parameter kualitas udara, maka kualitas udara semakin baik. Kualitas udara terbagi menjadi dua, yaitu kualitas udara emisi dan kualitas udara ambien. Kualitas udara emisi merupakan kualitas udara yang diukur secara langsung dari sumber emisi. Sedangkan kualitas udara ambien merupakan kualitas udara yang diukur di udara bebas. [1]

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya [12].

Dampak negatif akibat menurunnya kualitas udara cukup berat terhadap lingkungan terutama kesehatan manusia yaitu dengan menurunnya fungsi paru, peningkatan penyakit pernafasan, dampak karsinogen, dan beberapa penyakit lainnya. Selain itu pencemaran udara dapat menimbulkan bau, kerusakan materi, gangguan penglihatan, dan dapat menimbulkan hujan asam yang merusak lingkungan. Untuk mengantisipasi dan menanggulangi dampak pencemaran udara terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan perlu adanya upaya-upaya nyata dari semua pihak baik instansi pemerintah, swasta, perguruan tinggi, dan masyarakat luas sesuai dengan bidang tugas masing-masing. Upaya penanggulangan pencemaran udara pada dasarnya ditujukan untuk meningkatkan mutu udara untuk kehidupan. [2].

Berdasarkan keadaan-keadaan di atas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian mengenai Analisis *Cluster* Tingkat Kualitas Udara Ambien Jalan Raya di DIY 2015 supaya dapat diketahui wilayah mana saja yang memiliki tingkatan kualitas udara yang baik sampai dengan yang buruk. Untuk melihat tingkat kualitas udara ambien yang dipengaruhi langsung oleh kendaraan bermotor, maka penelitian ini menggunakan obyek jalan raya (*roadside*) dengan mengelompokkan obyek jalan raya tersebut. Penelitian ini menggunakan tiga metode pengklasteran yaitu *Complete Linkage*, *Average Linkage*, dan *K-Means*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengelompokan atau pengklasteran metode *Complete Linkage*, metode *Average Linkage*, dan metode *K-Means* sehingga dapat diketahui hasil dari metode mana yang paling baik kinerjanya pada data Kualitas Udara Ambien Jalan Raya di DIY 2015.

Analisis Cluster

Menurut Supranto (2004), analisis *cluster* meneliti seluruh hubungan interdependensi, tidak ada pembedaan variabel bebas, dan tak bebas. Tujuan utama analisis *cluster* adalah mengklasifikasikan objek (kasus atau elemen) ke dalam kelompok-kelompok yang relatif homogen didasarkan pada suatu set variabel yang dipertimbangkan untuk diteliti. Objek atau kasus dalam setiap kelompok cenderung mirip satu sama lain dan berbeda jauh (tidak sama) dengan objek dari *cluster* lainnya. [13].

1. Complete Linkage

Menurut Sobari dan Usman (2013), prosedur *complete linkage* dimulai dengan mengelompokkan dua individu atau objek yang mempunyai jarak terjauh (lebih melihat ketidaksamaan) [14].

$$d_{(XY)Z} = \max(d_{XZ}, d_{YZ}) \quad (1)$$

Dengan:

d_{XZ} : jarak antara anggota yang paling jauh dari *cluster* X dan Z

d_{YZ} : jarak antara anggota yang paling jauh dari *cluster* Y dan Z.

2. Average Linkage

Prosedur *average linkage* dilakukan dengan meminimumkan rata-rata jarak semua pasangan individu yang berasal dari kelompok terhadap kelompok lainnya. Jika kelompok X dan Y mempunyai jarak d_{XY} , maka harus dicari jarak rata-rata XZ dan XY, dengan rumus (Sobari dan usman, 2013) [14]:

$$d_{(XY)Z} = \frac{n_X}{n_X + n_Y} d_{XZ} + \frac{n_Y}{n_X + n_Y} d_{YZ} \quad (2)$$

Dengan:

n_X adalah jumlah individu pada kelompok X

n_Y adalah jumlah individu pada kelompok Y

3. K-Means

Metode pengklasteran non-hierarki atau *k-means clustering* diawali dengan menentukan jumlah kelompok sebelum pengelompokan dilakukan. Metode ini mengelompokkan individu dalam kelompok sedemikian serupa sehingga jarak tiap individu ke pusat kelompok minimum. [14] Untuk menentukan titik pusat (*centroid*) yaitu menggunakan rumus sebagai berikut [7]:

$$c_{kj} = \frac{\sum_{h=1}^p y_{hj}}{p} \quad (3)$$

dengan:

$$\begin{aligned} c_{kj} &: \text{pusat kelompok ke-}k \text{ pada variabel } j \\ y_{hj} &: \text{nilai objek ke-}h \text{ pada variabel } j \\ p &: \text{jumlah kelompok terbentuk} \end{aligned}$$

Asumsi Analisis Cluster

1. Sampel Representatif

Sampel yang mewakili atau sampel representatif adalah sampel yang diambil dapat dikatakan mempresentasikan atau mewakili populasi yang ada. Metode Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) digunakan untuk mengukur kecukupan *sampling* secara menyeluruh dan mengukur kecukupan *sampling* untuk setiap indikator. Sampel dikatakan representatif apabila nilai KMO berkisar 0,5 sampai 1 (Widarjono, 2010) [15]. Dirumuskan sebagai berikut [15]:

$$KMO = \frac{\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p r_{X_j X_k}^2}{\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p r_{X_j X_k}^2 + \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p \rho_{X_j X_k, X_l}^2} \quad (4)$$

dengan:

$$r_{X_j X_k}^2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)(X_{ik} - \bar{X}_k)}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_k)^2}{n}}} \quad (5)$$

$$\rho_{X_j X_k, X_l} = \frac{r_{X_j X_k} - r_{X_j X_l} r_{X_k X_l}}{\sqrt{(1 - r_{X_j X_l}^2)} \sqrt{1 - r_{X_k X_l}^2}} \quad (6)$$

dengan:

$$\begin{aligned} r_{X_j X_k} &: \text{Korelasi antar variabel } X_j \text{ dan } X_k \\ \bar{X}_k &: \text{Rata-rata variabel } X_k \\ \bar{X}_j &: \text{Rata-rata variabel } X_j \\ N &: \text{Banyaknya observasi (objek)} \\ \rho_{X_j X_k, X_l} &: \text{Korelasi parsial antara variabel } X_j \text{ dan } X_k \text{ dengan menjaga agar } X_l \text{ konstan} \end{aligned}$$

2. Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah hubungan linear yang ada di antara variabel independen. Multikolinieritas dapat dilihat dari nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Rumus untuk menghitung VIF yaitu sebagai berikut:

$$VIF_j = \frac{1}{(1 - R_j^2)} \quad (7)$$

Jika nilai VIF melebihi angka 10 maka dapat disimpulkan ada multikolinearitas. (Widarjono, 2010) [15].

Ukuran Jarak

Pengelompokan individu dalam analisis *cluster* dilakukan berdasarkan besaran jarak. Semakin kecil besaran jarak suatu individu terhadap individu lain, maka semakin besar kemiripan individu tersebut, sehingga individu tersebut akan dimasukkan dalam kelompok yang sama (Sobari dan Usman, 2013) [14]. Ukuran yang digunakan pada penelitian ini untuk menentukan besaran jarak yaitu jarak *Euclidean*. Menurut Supranto (2004), jarak *Euclidean* adalah akar dari jumlah kuadrat perbedaan deviasi di dalam nilai untuk setiap variabel [13]. Rumus jarak *Euclidean* yaitu sebagai berikut [14]:

$$d_{(x,y)} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2} \tag{8}$$

dengan:

- x_1 : nilai variabel pertama untuk individu x
- x_2 : nilai variabel kedua untuk individu x
- x_p : nilai variabel ke-p untuk individu x
- y_1 : nilai variabel pertama untuk individu y
- y_2 : nilai variabel kedua untuk individu y
- y_p : nilai variabel ke-p untuk individu y

Pemilihan Metode Terbaik

Untuk mengetahui metode pengelompokan yang mempunyai kinerja terbaik, dapat digunakan rata-rata simpangan baku dalam kelompok (σ_w) dan simpangan baku antar kelompok (σ_B) [10]. Sebuah metode pengelompokan yang baik mempunyai nilai simpangan baku dalam kelompok (σ_w) yang minimum dan nilai simpangan baku antar kelompok (σ_B) yang maksimum [11]. Adapun persamaan untuk simpangan baku dalam kelompok (σ_w) adalah [6]:

$$\sigma_w = K^{-1} \sum_{k=1}^K \sigma_k \tag{10}$$

dengan:

- K = banyaknya *cluster* yang terbentuk
- σ_k = simpangan baku kelompok ke k .

Di mana persamaan untuk simpangan baku kelompok ke k (σ_k) adalah:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu_k)^2} \tag{11}$$

dengan:

- N : jumlah anggota dari setiap *cluster*
- μ_k : rata-rata *cluster* ke- k
- X_i : anggota *cluster*.

Persamaan simpangan baku antar kelompok (μ_B) adalah:

$$\sigma_B = \left[(K)^{-1} \sum_{k=1}^K (\mu_k - \mu)^2 \right]^{1/2} \tag{12}$$

dengan:

- μ_k : rata-rata *cluster* ke- k
- μ : rata-rata keseluruhan *cluster*.

Persamaan rasio simpangan baku (σ) adalah:

$$\sigma = \frac{\sigma_w}{\sigma_B} \times 100\% \tag{13}$$

dengan:

- σ_w : simpangan baku dalam kelompok

σ_B : simpangan baku antar kelompok

Metode yang mempunyai rasio terkecil merupakan metode terbaik. *Cluster* yang baik adalah *cluster* yang mempunyai homogenitas yang tinggi antar anggota dalam satu kelompok (*within cluster*) dan heterogenitas yang tinggi antar kelompok (*between cluster*) [10].

2. METODE PENELITIAN

Data pengukuran tingkat kualitas udara ambien yang digunakan yaitu data kandungan polutan NO₂, SO₂, Karbon monoksida (CO), Ozon (O₃), Timah Hitam (Pb), Hidrocarbon (HC), debu diameter 10 (PM 10), suhu, dan kebisingan yang ada di 30 jalan raya Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan analisis sebagai berikut:

- a. Melakukan kajian pada studi pustaka
- b. Menentukan rumusan masalah dan tujuan
- c. Menentukan variabel penelitian
- d. Mengumpulkan dan menginput data penelitian
- e. Melakukan analisis deskriptif
- f. Melakukan uji asumsi *cluster*
- g. Melakukan analisis *cluster* dengan metode *Complete Linkage*, metode *Average Linkage*, dan metode *K-Means*
- h. Memilih metode terbaik menggunakan rasio simpangan baku

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Data

Tabel 1 Gambaran Umum Kualitas Udara

Parameter	Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Baku Mutu
Kimia (Jenis Polutan)	NO ₂ (ug/m ³)	22,27 (Simpang Tiga Teteg KA, Kulon Progo)	55,62 (Depan Hotel Shapir, Jl. Solo Yk)	32,94	400
	SO ₂ (ug/m ³)	19,01 (Depan ruko Bayeman Jl. Wates Yogyakarta)	70,80 (Depan Pizza Hut, Jl. Jend. Sudirman Yk)	33,18	900
	CO (ug/m ³)	615,86 (Simpang Tiga Teteg KA, Kulon Progo)	2791,10 (Simpang empat Wojo, Jl. Imogiri Barat, Bantul)	1131,53	30.000
	Ozon (ug/m ³)	12,42 (Perempatan RSUD Wonosari, Gunungkidul)	30,42 (Depan Hotel Matahari Jl. Parangtritis Yogyakarta)	22,25	235
	Timah Hitam (ug/m ³)	0,04 (Simpang Tiga Terminal Wates, Kulon Progo)	0,65 (Depan Kantor Kec. Jetis, Jl. P. Diponegoro Yk)	0,25	2
	HC (ug/m ³)	19,89 (Simpang tiga Toyon Kulon Progo)	115,22 (Depan Bekas Kantor Merapi Golf Jl. Kaliurang Yogyakarta)	73,33	160
	Debu Diameter 10 (ug/m ³)	18,46 (Jl. Magelang KM 4,6 depa TVRI Yogyakarta)	445,10 (Depan Hotel Shapir, Jl. Solo Yk)	57,99	150
Fisika	Suhu Udara (°C)	26,00 (Depan Kampus STTL Jl. Gedong Kuning Yk)	36,50 (Terminal Wonosari, Gunungkidul)	31,78	-
	Kebisingan [DB(A)]	63,90 (Simpang tiga Toyon Wates, Kulon Progo)	75,10 (Depan Pizza Hut, Jl. Jend. Sudirman Yk. dan Depan Mirota, Jl. Godean Yk)	70,30	70

Tabel 1 merupakan gambaran umum kualitas udara ambien jalan raya di DIY tahun 2015 berdasarkan tujuh jenis polutan, suhu, dan kebisingan. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa dari sembilan variabel yang digunakan variabel yang berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan adalah debu diameter 10 yaitu dengan nilai konsentrasi tertinggi 445,10 ug/m³ dan kebisingan dengan intensitas kebisingan tertinggi 75,10 DB(A). Sedangkan untuk 6 variabel lain masih berada di bawah baku mutu (variabel suhu tidak memiliki baku mutu).

Lokasi depan Hotel Shapir, Jl. Solo Yk merupakan jalan raya padat kendaraan, minim adanya pepohonan, dan memiliki ukuran jalan yang cukup sempit. Pada awal tahun 2015, di sekitar titik H terdapat pembangunan Lippo Mall yang ditargetkan beroperasi pada bulan Mei 2015 sedangkan pengukuran dilakukan pada bulan

Maret 2015. Pembangunan Lippo Mall ini menghasilkan banyaknya debu diameter 10 yang sangat tinggi. Tingginya konsentrasi polutan debu diameter 10 ini dikarenakan oleh terbawanya debu diameter 10 oleh angin dan lalu lalang kendaraan dari tempat pembangunan Lippo Mall yang berada di sekitar lokasi tersebut. Sedangkan tingginya intensitas kebisingan ini menandakan bahwa kepadatan lalu lintas di Depan Pizza Hut, Jl. Jend. Sudirman Yk., dan Depan Mirota, Jl. Godean Yk yang tinggi. Namun secara keseluruhan gambaran kualitas udara ambien jalan raya di DIY tahun 2015 masih tergolong baik karena rata-rata setiap variabel penelitian masih berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan.

3.2. Asumsi Analisis Cluster

Pada uji sampel yang mewakili menggunakan uji KMO didapat nilai KMO sebesar 0,523 yang berkisar antara 0,5 sampai 1 maka sampel representatif.

Pada uji multikolinearitas menggunakan nilai VIF, didapat nilai VIF untuk masing-masing variabel polutan NO₂, polutan SO₂, polutan Karbon monoksida (CO), polutan Ozon (O₃), polutan Timah Hitam (Pb), polutan Hidrocarbon (HC), polutan debu diameter 10 (PM 10), suhu, dan kebisingan yaitu 1,735; 1,363; 1,298; 1,804; 1,537; 1,691; 1,495; 1,420; dan 1,860 yang mana nilai VIF < 10 maka tidak terjadi multikolinearitas.

3.3. Hasil dan Interpretasi Cluster

Hasil cluster berdasarkan 7 jenis polutan, suhu, dan kebisingan masing-masing menghasilkan 4 cluster dari proses pemotongan dendogram. Dalam menentukan kategori *cluster*, kategori baik sampai dengan buruk dilihat dari nilai perhitungan rata-rata variabel yang tertinggi dan terendah secara keseluruhan. Berikut hasil cluster menggunakan metode *complete linkage*, *average linkage*, dan *k-means*.

Tabel 2 Profil Cluster dengan Metode *Complete Linkage*

<i>Complete Linkage</i>	<i>Cluster</i>	NO ₂	SO ₂	CO	Ozon	Timah Hitam	HC	Debu Diameter 10	Suhu Udara	Kebisingan
Baik	1	34,40	33,64	1153,05	20,33	0,21	65,52	50,09	32,60	68,10
Kurang Baik	2	31,47	54,22	1041,19	19,22	0,40	74,82	42,61	32,83	70,85
Buruk	3	55,62	34,51	1230,97	26,47	0,07	92,00	445,10	32,30	70,68
Cukup Baik	4	26,97	37,24	1831,36	22,61	0,33	66,76	62,14	28,80	72,10

Berdasarkan tabel 2, diketahui rata-rata untuk masing-masing variabel pada masing-masing *cluster* metode *complete linkage*, dapat dilakukan interpretasi *cluster* sebagai berikut :

- 1) *Cluster 1* : *Cluster* yang beranggotakan 18 jalan raya dimana *cluster* pertama memiliki rata-rata kandungan polutan SO₂, polutan HC, dan kebisingan paling rendah. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 1* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien yang baik.
- 2) *Cluster 2* : *Cluster* yang beranggotakan 6 jalan raya dimana *cluster* kedua memiliki rata-rata kandungan polutan CO dan polutan O₃ paling rendah namun rata-rata kandungan polutan SO₂ dan polutan Pb tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 2* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien yang kurang baik..
- 3) *Cluster 3* : *Cluster* yang beranggotakan 1 jalan raya dimana *cluster 3* memiliki rata-rata kandungan polutan Pb terendah namun rata-rata kandungan polutan NO₂, polutan O₃, polutan HC, dan polutan debu diameter 10 tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 3* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien yang buruk.
- 4) *Cluster 4*: *Cluster* yang beranggotakan 5 jalan raya dimana *cluster 4* memiliki rata-rata kandungan polutan NO₂ dan suhu udara terendah sedangkan rata-rata kandungan polutan CO tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 4* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien cukup baik.

Tabel 3 Profil Cluster dengan Metode *Average Linkage*

<i>Average Linkage</i>	<i>Cluster</i>	NO ₂	SO ₂	CO	Ozon	Timah Hitam	HC	Debu Diameter 10	Suhu Udara	Kebisingan
Cukup Baik	1	33,57	36,20	1356,47	22,70	0,26	84,99	55,39	31,53	71,56
Kurang Baik	2	28,12	35,23	709,80	22,95	0,65	101,89	29,42	33,50	66,70
Buruk	3	55,62	34,51	1230,97	26,47	0,07	92,00	445,10	32,30	72,10
Baik	4	31,04	43,03	1103,27	16,28	0,25	33,03	44,16	32,68	67,48

Berdasarkan tabel 3, diketahui rata-rata untuk masing-masing variabel pada masing-masing *cluster* metode *average linkage*, dapat dilakukan interpretasi *cluster* sebagai berikut :

- 1) *Cluster 1* : *cluster* yang beranggotakan 18 jalan raya dimana *cluster* pertama memiliki rata-rata kandungan polutan CO paling tinggi dan suhu udara paling rendah. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 1* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien cukup baik.
- 2) *Cluster 2* : *cluster* yang beranggotakan 1 jalan raya dimana *cluster* kedua memiliki rata-rata kandungan polutan NO₂, polutan CO, polutan debu diameter 10, dan kebisingan terendah namun rata-rata kandungan polutan Pb, polutan HC, dan suhu udara tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 2* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien kurang baik.
- 3) *Cluster 3* : *cluster* yang beranggotakan 1 jalan raya dimana *cluster 3* memiliki rata-rata kandungan polutan SO₂ dan Pb terendah namun rata-rata kandungan polutan NO₂, polutan O₃, polutan debu diameter 10, dan kebisingan tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 3* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien yang buruk.
- 4) *Cluster 4* : *cluster* yang beranggotakan 10 jalan raya dimana *cluster 4* memiliki rata-rata kandungan polutan O₃ dan polutan HC terendah sedangkan rata-rata kandungan polutan SO₂ tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 4* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien yang baik.

Tabel 4 Profil *Cluster* dengan Metode *K-Means*

<i>K-Means</i>	<i>Cluster</i>	NO ₂	SO ₂	CO	Ozon	Timah Hitam	HC	Debu Diameter 10	Suhu Udara	Kebisingan
Cukup Baik	1	30,70	36,74	1878,78	20,92	0,21	72,79	71,79	29,81	70,69
Baik	2	32,72	36,20	1004,22	20,94	0,31	60,24	40,25	32,91	68,49
Buruk	3	55,62	34,51	1230,97	26,47	0,07	92,00	445,10	32,30	72,10
Kurang Baik	4	34,74	48,80	1012,22	18,39	0,21	83,20	49,93	32,56	73,66

Berdasarkan tabel 3, diketahui rata-rata untuk masing-masing variabel pada masing-masing *cluster* metode *K-Means*, dapat dilakukan interpretasi *cluster* sebagai berikut :

- 1) *Cluster 1* : *cluster* yang beranggotakan 8 jalan raya dimana *cluster* pertama memiliki rata-rata kandungan polutan NO₂ dan suhu udara paling rendah namun rata-rata kandungan polutan CO tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 1* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien cukup baik.
- 2) *Cluster 2* : *cluster* yang beranggotakan 16 jalan raya dimana *cluster* kedua memiliki rata-rata kandungan polutan CO, polutan HC, polutan debu diameter 10, dan kebisingan terendah namun rata-rata kandungan polutan Pb tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 2* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien yang baik.
- 3) *Cluster 3* : *cluster* yang beranggotakan 1 jalan raya dimana *cluster 3* memiliki rata-rata kandungan polutan SO₂ dan Pb terendah namun rata-rata kandungan polutan NO₂, polutan O₃, polutan HC, dan polutan debu diameter 10 tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 3* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien buruk.
- 4) *Cluster 4* : *cluster* yang beranggotakan 5 jalan raya dimana *cluster 4* memiliki rata-rata kandungan polutan O₃ terendah sedangkan rata-rata kandungan polutan SO₂ dan kebisingan tertinggi. Sehingga kelompok jalan raya pada *cluster 4* dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang memiliki tingkat kualitas udara ambien kurang baik.

Tabel 5 Hasil Anggota *Cluster*

Metode	Tingkat Kualitas Udara Ambien	Anggota <i>Cluster</i>
<i>Complete Linkage</i>	Baik	Depan ruko Bayeman Jl. Wates Yogyakarta; Depan Ruko Janti Jl. Laksda Adisucipto Yogyakarta; Jl. Magelang KM 4,6 depan TVRI, Rogoyudan, Sinduadi, Mlati Sleman.; Depan Hotel Matahari, Jl. Parangtritis Yk.; Depan RS PKU Muhammadiyah Yk; Jl. A. Yani, depan Pasar Beringharjo, Suryatmajan, Danurejan Yk.; Depan Pasar Sepeda, Jl. Menteri Supeno Yk.; Depan Toko Besi, Selatan Ring Road, Jl. Bantul Yk; Depan bekas Kantor Merapi Golf, Jl. Kaliurang Km 6,4 Yk.; Simpang empat Deggung, Beran, Jl. Magelang Yk; Simpang empat Ngeplang, Sentolo, Kulon Progo; Simpang tiga Toyan Wates, Kulon Progo; Simpang Tiga Teteg KA, Kulon Progo; Simpang tiga Terminal Wates, Kulon Progo; Depan Kecamatan Pathuk, Wonosari, Gunungkidul;

Metode	Tingkat Kualitas Udara Ambien	Anggota Cluster
		Perempatan Gading, Wonosari, Gunungkidul; Simpang Empat, Siyono, Wonosari, Gunungkidul; Terminal Wonosari, Gunungkidul.
<i>Complete Linkage</i>	Cukup Baik	Depan Kampus STTL, Jl. Gedongkuning Yk.; Depan GKBI Medari, Jl. Magelang Yk; Simpang empat Wojo, Jl. Imogiri Barat, Bantul; Simpang empat Druwo, Jl. Parangtritis, Yk; Depan Kampus UPN Veteran Ring Road Utara Yk.
	Kurang Baik	Depan Kantor Kec. Jetis, Jl. P. Diponegoro Yk.; Depan Pizza Hut, Jl. Jend. Sudirman Yk.; Depan Mirota, Jl. Godean Yk.; Depan Mirota Kampus, Jl. C Simanjuntrak Yk.; Perempatan Gose, Jl. Bantul, Yogyakarta.; Perempatan RSUD Wonosari, Gunungkidul.
	Buruk	Depan Hotel Shapir, Jl. Solo Yk.
<i>Average Linkage</i>	Baik	Simpang empat Ngeplang, Sentolo, Kulon Progo; Simpang tiga Toyan Wates, Kulon Progo; Simpang Tiga Teteg KA, Kulon Progo; Simpang tiga Terminal Wates, Kulon Progo; Perempatan Gose, Jl. Bantul, Yogyakarta.; Depan Kecamatan Pathuk, Wonosari, Gunungkidul; Perempatan Gading, Wonosari, Gunungkidul; Simpang Empat, Siyono, Wonosari, Gunungkidul; Terminal Wonosari, Gunungkidul; Perempatan RSUD Wonosari, Gunungkidul.
	Cukup Baik	Depan ruko Bayeman Jl. Wates Yogyakarta; Depan Ruko Janti Jl. Laksda Adisucipto Yogyakarta; Jl. Magelang KM 4,6 depan TVRI, Rogoyudan, Sinduadi, Mlati Sleman.; Depan Pizza Hut, Jl. Jend. Sudirman Yk.; Depan Mirota, Jl. Godean Yk.; Depan Hotel Matahari, Jl. Parangtritis Yk.; Depan RS PKU Muhammadiyah Yk; Depan Kampus STTL, Jl. Gedongkuning Yk.; Jl. A. Yani, depan Pasar Beringharjo, Suryatmajan, Danurejan Yk.; Depan Mirota Kampus, Jl. C Simanjuntrak Yk.; Depan Pasar Sepeda, Jl. Menteri Supeno Yk.; Depan Toko Besi, Selatan Ring Road, Jl. Bantul Yk; Depan bekas Kantor Merapi Golf, Jl. Kaliurang Km 6,4 Yk.; Depan GKBI Medari, Jl. Magelang Yk; Simpang empat Denggung, Beran, Jl. Magelang Yk; Simpang empat Wojo, Jl. Imogiri Barat, Bantul; Simpang empat Druwo, Jl. Parangtritis, Yk; Depan Kampus UPN Veteran Ring Road Utara Yk.
	Kurang Baik	Depan Kantor Kec. Jetis, Jl. P. Diponegoro Yk.
	Buruk	Depan Hotel Shapir, Jl. Solo Yk.
<i>K-Means</i>	Baik	Depan ruko Bayeman Jl. Wates Yogyakarta; Depan Kantor Kec. Jetis, Jl. P. Diponegoro Yk.; Jl. Magelang KM 4,6 depan TVRI, Rogoyudan, Sinduadi, Mlati Sleman.; Depan Hotel Matahari, Jl. Parangtritis Yk.; Depan Pasar Sepeda, Jl. Menteri Supeno Yk.; Depan bekas Kantor Merapi Golf, Jl. Kaliurang Km 6,4 Yk.; Depan GKBI Medari, Jl. Magelang Yk; Simpang empat Denggung, Beran, Jl. Magelang Yk; Simpang tiga Toyan Wates, Kulon Progo; Simpang Tiga Teteg KA, Kulon Progo; Simpang tiga Terminal Wates, Kulon Progo; Perempatan Gose, Jl. Bantul, Yogyakarta.; Perempatan Gading, Wonosari, Gunungkidul; Simpang Empat, Siyono, Wonosari, Gunungkidul; Terminal Wonosari, Gunungkidul; Perempatan RSUD Wonosari, Gunungkidul.
	Cukup Baik	Depan Ruko Janti Jl. Laksda Adisucipto Yogyakarta; Depan Kampus STTL, Jl. Gedongkuning Yk.; Jl. A. Yani, depan Pasar Beringharjo, Suryatmajan, Danurejan Yk.; Depan Toko Besi, Selatan Ring Road, Jl. Bantul Yk; Simpang empat Wojo, Jl. Imogiri Barat, Bantul; Simpang empat Druwo, Jl. Parangtritis, Yk; Depan Kampus UPN Veteran Ring Road Utara Yk; Depan Kecamatan Pathuk, Wonosari, Gunungkidul.
	Kurang Baik	Depan Pizza Hut, Jl. Jend. Sudirman Yk.; Depan Mirota, Jl. Godean Yk.; Depan RS PKU Muhammadiyah Yk; Depan Mirota Kampus, Jl. C Simanjuntrak Yk.; Simpang empat Ngeplang, Sentolo, Kulon Progo.

	Buruk	Depan Hotel Shapir, Jl. Solo Yk.
--	-------	----------------------------------

Untuk mengetahui metode *cluster* yang terbaik maka diperlukan perbandingan nilai rasio simpangan baku yang dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6 Perbandingan Simpangan Baku

Metode	Tingkat Kualitas Udara Ambien	Simpangan baku (σ_k)	Simpangan baku dalam kelompok (σ_w)	Simpangan baku antar kelompok (σ_B)	Rasio simpangan baku (σ)
Complete Linkage	Baik	51,50	53,39	118,53	0,45
	Cukup Baik	115,50			
	Kurang Baik	50,54			
	Buruk	0			
Average Linkage	Baik	60,01	31,34	103,55	0,30
	Cukup Baik	65,35			
	Kurang Baik	0			
	Buruk	0			
K-Means	Baik	108,54	67,72	119,78	0,57
	Cukup Baik	45,63			
	Kurang Baik	116,71			
	Buruk	0			

Dari tabel 6 di atas dapat diketahui bahwa nilai rasio simpangan baku terkecil yaitu metode *Average Linkage* dengan nilai sebesar 0,30 apabila dibandingkan metode *Complete Linkage* dan *K-Means*, sehingga diperoleh metode *cluster* terbaik yaitu metode *cluster Average Linkage*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan data pengukuran jumlah kandungan polutan NO₂, polutan SO₂, polutan Karbon monoksida (CO), polutan Ozon (O₃), polutan Timah Hitam (Pb), polutan Hidrocarbon (HC), polutan debu diameter 10, suhu udara, dan kebisingan, diketahui bahwa jumlah kandungan 7 polutan di DIY masih dalam batas baku mutu udara ambien yang ditetapkan. Namun, tingkat kebisingan di 15 jalan raya sudah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Hal ini menandakan pada 15 jalan raya tersebut, memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi.
- 2) Hasil *cluster* yang terbentuk dengan metode *complete linkage*, metode *average linkage*, dan metode *k-means* adalah sebagai berikut:
 - a. Metode *Complete Linkage*: 18 jalan raya dengan kualitas udara ambien baik, 5 jalan raya dengan kualitas udara ambien cukup baik, 6 jalan raya dengan kualitas udara ambien kurang baik, serta 1 jalan raya dengan kualitas udara ambien buruk.
 - b. Metode *Average Linkage*: 10 jalan raya dengan kualitas udara ambien baik, 18 jalan raya dengan kualitas udara ambien cukup baik, 1 jalan raya dengan kualitas udara ambien kurang baik, serta 1 jalan raya dengan kualitas udara ambien buruk.
 - c. Metode *K-Means*: 16 jalan raya dengan kualitas udara baik, 8 jalan raya dengan kualitas udara ambien cukup baik, 5 jalan raya dengan kualitas udara ambien kurang baik, serta 1 jalan raya dengan kualitas udara ambien buruk.
- 3) Metode *cluster* terbaik yaitu metode *average linkage* dengan nilai rasio simpangan baku terkecil sebesar 0,30.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang berjudul “**Analisis Cluster Tingkat Kualitas Udara Ambien Jalan Raya di DIY 2015**” ini dapat diselesaikan tidak terlepas dari bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak khususnya Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah menyediakan data penelitian ini. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Semoga segala bantuan, bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Penulis menyadari akan keterbatasan kemampuan dalam menyelesaikan penelitian, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penyusunan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

REFERENSI

- [1] Anonim. 2016. Analisis Kualitas Udara. <http://dinus.ac.id> diakses tanggal 20 Maret 2017 pukul 21.20.
- [2] Arifin, Z. dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Yogyakarta: Alfabeta.
- [3] Badan Lingkungan Hidup DIY. 2015. *Laporan Analisa Kualitas Udara Ambien di DIY Tahun 2015*. Yogyakarta: BLH DIY.
- [4] Badan Pusat Statistik DIY. 2015. *Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka Tahun 2015*. Yogyakarta: BPS DIY.
- [5] Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- [6] Fithriyyah, A. "Analisis Cluster Spasial Tingkat Kerawanan Demam Berdarah Dengue di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2015". Skripsi. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia; 2017.
- [7] J. Hair, R. E. Anderson, R. L. Tahtam and W. C. Black, *Multivariate Data Analysis (Fifth Edition)*, New Jersey: Prentice-Hall, 1998.
- [8] Kertopati, L. (CNN Indonesia). 2016. *Pencemaran Lingkungan di Yogyakarta Meningkat 250 Persen*. <http://www.cnnindonesia.com/nasional/20161023224728-20-167372/pencemaran-lingkungan-di-yogyakarta-meningkat-250-persen/> diakses tanggal 23 Maret 2017 pukul 19.07.
- [9] Kurniawati, R. T. D., dkk. 2015. *Pengelompokkan Kualitas Udara Ambien Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah Menggunakan Analisis Klaster*. *Jurnal Gaussian* Vol. 4, No. 2, Halaman 393 – 402
- [10] Laeli, S. "Analisis Cluster dengan Average Linkage Method dan Ward's Method Untuk Data Responden Asuransi Jiwa Unit Link". Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta; 2014.
- [11] Laraswati, T. F. "Perbandingan Kinerja Metode Complete Linkage, Metode Average Linkage, dan Metode K-means dalam Menentukan Hasil Analisis Cluster". Skripsi. Yogyakarta: UNY; 2014.
- [12] Republik Indonesia. 1999. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Sekretariat Negara RI. Jakarta.
- [13] Supranto. 2004. *Analisis Multivariat: Arti dan Interpretasi*. Jakarta: Rineka Cipta..
- [14] Usman, H., dan Nurdin S. 2013. *Aplikasi Teknik Multivariate untuk Riset Pemasaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- [15] Widarjono, A. 2010. *Analisis Statistika Multivariat Terapan*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.