

PERBANDINGAN PENGEROMBOLAN TINGKAT PENCEMARAN UDARA DENGAN K- MEDOID DAN CLARA BERDASARKAN INDEKS KUALITAS UDARA (IKU) DI PROVINSI SULAWESI SELATAN

Irwan¹, Maya Sari Wahyuni², Sutamrin³, A. Muhammad Mu'adz⁴
Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Makassar, 90224, Indonesia^{1,2,3,4}
Email: irwanthaha@unm.ac.id¹, mayasari.wahyuni@gmail.com²,
tamrin.mm@unm.ac.id³, adamimuadz@gmail.com⁴

Corresponding Author: Irwan email: irwanthaha@unm.ac.id

Abstrak. Analisis statistika multivariat yang pada akhirnya menghasilkan sejumlah gerombol. Pengelompokan dilakukan pada objek/pengamatan (baris) dalam data yang memiliki kemiripan sangat besar dengan objek/pengamatan lainnya dalam satu gerombol. Kemiripan tersebut diukur menggunakan jarak euclidean. Analisis gerombol terbagi menjadi dua yaitu hierarki dan non-hierarki. Penelitian ini menerapkan analisis gerombol non-hierarki yaitu metode k-medoid untuk menggerombolkan kabupaten/kota beserta empat sektornya yaitu transportasi, industri/agro industri, pemukiman, perkantoran/komersial di Provinsi Sulawesi Selatan berdasarkan indikator penyusun nilai Indeks Kualitas Udara (IKU) tahun 2019 dan 2020. IKU ditetapkan sebagai salah satu instrumen untuk mengukur tingkat pencemaran udara di suatu wilayah, baik secara nasional maupun di Provinsi dan Kabupaten/Kota. IKU dikategorikan berdasarkan enam status Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). Untuk mendapatkan hasil gerombol dari metode k-medoid dan CLARA maka dilakukan penggerombolan berdasarkan perhitungan nilai IKU yaitu $k = 6$. Peneliti menggunakan confusion matrix untuk membandingkan hasil gerombol berdasar hasil gerombol metode k-medoid dan CLARA.. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil algoritma k-medoid untuk data 2019 maupun 2020 memiliki presentase Accuracy, Precision dan Recall lebih tinggi dibanding metode CLARA. Hasil tersebut membuktikan bahwa metode k-medoid mempunyai performa lebih baik bila dibandingkan dengan CLARA, karena mempunyai tingkat akurasi dan recall lebih tinggi bila dibandingkan dengan CLARA. Itu disebabkan karena CLARA tergantung pada pemilihan dan ukuran sampel.

Kata Kunci: Analisis gerombol, k-medoid, CLARA, IKU.

Abstract. Multivariate statistical analysis ultimately produces a number of clusters. Grouping is carried out on objects/observations (rows) in the data that are very similar to other objects/observations in one cluster. The similarity is measured using Euclidean distance. Cluster analysis is divided into two, namely hierarchical and non-hierarchical. This research applies non-hierarchical cluster analysis, namely the k-medoid method, to cluster districts/cities and their four sectors, namely transportation, industry/agro-industry, residential, office/commercial in South Sulawesi Province based on the indicators that make up the 2019 Air Quality Index (IKU) value. and 2020. IKU is designated as an instrument for measuring the level of air pollution in a region, both nationally and in provinces and districts/cities. KPI is categorized based on six Environmental Quality Index (IKLH) statuses. To obtain cluster results from the k-medoid and CLARA methods, clustering is carried out based on the calculation of the IKU value, namely $k = 6$. Researchers use a confusion matrix to compare the cluster results based on the cluster results of the k-medoid and CLARA methods. From the research carried out, the results of the k algorithm are obtained. -medoid for 2019 and 2020 data has a higher Accuracy, Precision and Recall percentage than the CLARA method. These results prove that the k-medoid method has better performance when compared to CLARA, because it has a higher level of accuracy and recall when compared to CLARA. That's because CLARA depends on sample selection and size.

Keywords: Cluster Analysis, K-Medoid, CLARA, IKU.



A. Pendahuluan

Analisis statistika multivariat merupakan metode dalam melakukan penelitian terhadap lebih dari dua variabel secara bersamaan. Analisis statistika multivariat digunakan karena dalam kehidupan sehari-hari, permasalahan - permasalahan yang terjadi melibatkan banyak variabel. Implementasi dari ilmu ini tidak hanya pada ilmu pengetahuan alam, melainkan mencakup ilmu pengetahuan sosial juga.

Salah satu metode dalam analisis statistika multivariat adalah analisis gerombol. Analisis gerombol adalah metode multivariat yang bertujuan untuk mengklasifikasikan sampel subjek (atau objek) berdasarkan seperangkat variabel terukur ke dalam sejumlah kluster (kelompok) yang berbeda sehingga objek serupa ditempatkan pada kelompok yang sama (Hair Jr et al., 2010; Supranto, 2004). Hal ini mengakibatkan objek - objek yang terletak dalam satu gerombol memiliki kemiripan (homogenitas) yang lebih besar (Hair Jr dkk., 2010; Johnson & Wichern, 2007; Supranto, 2004). (Cahyadahrena, 2015; Masito, 2018; Soemarwoto, 1992).

Menurut Halkidi (2001), Ahmad Zaki, dkk (2022) Irwan, dkk (2022) dan Suwardi Annas, dkk (2022) analisis gerombol dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis metode, yaitu metode non-hierarki (partisi), metode hierarki, metode penggerombolan berdasarkan densitas, dan penggerombolan berdasarkan grid. Metode hierarki digunakan untuk menggerombolan pengamatan secara terstruktur berdasarkan sifat kemiripannya, dan gerombol yang diinginkan belum diketahui banyaknya. Sedangkan metode non-hierarki, digunakan untuk menggerombolan obyek-obyek pengamatan menjadi k kelompok. Metode ini diawali dengan penentuan pusat gerombol dan menempatkan anggota-anggota ke dalam pusat gerombol terdekat (Hair Jr dkk., 2010). Metode penggerombolan non-hierarki diantaranya yaitu Metode pusat gerombol median (k-medoid) dan Clustering Large Application (CLARA) (Kaufman & Rousseeuw, 1990). Menurut Dyah dkk (2014) dan Suwardi Annas, dkk (2022) bahwa ada dua buah asumsi yang harus dipenuhi agar analisis gerombol dapat digunakan, yaitu data bebas pencilan (outlier) dan bebas dari masalah multikolinearitas. Namun, pada kenyataannya asumsi pencilan sering kali tidak terpenuhi. Salah satu metode analisis kluster yang tahan terhadap pencilan adalah metode k-medoids atau biasa dikenal dengan nama Partitioning Around Medoids (PAM). Algoritma k-medoid dikatakan lebih robust (kekar) terhadap pencilan jika dibandingkan dengan algoritma yang lain. K-medoid dapat menggerombolan dengan baik pada data berskala kecil. Sedangkan data dengan skala besar dapat menggunakan CLARA. Hasil CLARA tergantung pada pemilihan dan ukuran sampel

Penerapan terkini metode k-medoid dan CLARA juga dilakukan oleh Ibnu Muftadi Ridho (2018) dan Isna Hidayatur Rifa dkk (2019). Ibnu Muftadi Ridho (2018) dalam penelitiannya tentang Penggerombolan provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan indikator pembangunan berkelanjutan dengan tiga metode yakni ward, k-rataan, dan k-medoid. Hasil yang diperoleh, tujuh gerombol k-medoid merupakan hasil yang terbaik karena rasio keragaman yang dihasilkan sangat kecil dan karakteristik antar gerombol berbeda satu dengan yang lain sehingga dalam melihat kondisi pembangunan berkelanjutan di Indonesia menjadi lebih baik.

Isna Hidayatur Rifa dkk (2019) dalam penelitiannya tentang Implementasi Algoritma CLARA untuk Data Gempa Bumi Di Indonesia. Hasilnya diperoleh bahwa CLARA mampu menggerombolan Algoritma CLARA dapat menangani data berukuran besar, dan lebih robust terhadap pencilan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah gerombol optimal



berdasarkan magnitudo dan kedalaman terjadinya gempa adalah tiga gerombol. (Rifa dkk., 2019)

Penelitian ini menerapkan metode k-medoid dan CLARA untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan berdasarkan parameter Indeks Kualitas Udara (IKU). Parameter tersebut meliputi Ozon partikel (O₃), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), Partikel debu (PM-10), dan sulfur dioksida (SO₂). Kelima parameter tersebut yang paling mempengaruhi kualitas dan berdampak nyata terhadap lingkungan maupun kesehatan adalah SO₂ dan NO₂. Dipertegas oleh penelitian Ani Marsito (2018) dan Soemarmoto (1992) mengenai dampak SO₂ dan NO₂ terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan.

Kemudian hasil penggerombolan metode k-medoid dan CLARA dibuat pemetaan daerah di Provinsi Sulawesi Selatan. Selain menggerombolkan dengan metode k-medoid dan CLARA, dilakukan juga penggerombolan berdasarkan angka dan kategori IKU yang kemudian dapat dilakukan pemetaan pula. Kemudian dibandingkan kedua metode tersebut dan diharapkan hasil penggerombolan dari metode k-medoid dan CLARA memiliki relevansi dengan hasil penggerombolan angka dan kategori IKU itu sendiri.

B. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini berupa penelitian eksplorasi yang berorientasi pada penggerombolan wilayah dengan menggunakan k-medoid dan CLARA dengan beberapa variabel yaitu NO₂ dan SO₂. Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data pencemaran udara berdasarkan IKU pada setiap daerah kabupaten/kota beserta 4 sektornya (transportasi, industri/agro industri, Pemukiman, Perkantoran/komersial) di Sulawesi Selatan dari Dinas Pengelolaan Lingkungan Hidup (DPLH) Sulawesi Selatan sebanyak 24 kabupaten/kota. Kode kabupaten/kota beserta sektornya di Sulawesi Selatan disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Kabupaten/Kota beserta sektornya di Provinsi Sulawesi Selatan

KODE	Kab/Kota	KODE	Kab/Kota
SE	Selayar	WA	Wajo
BU	Bulukumba	SD	Sidrap
BA	Bantaeng	PI	Pinrang
JE	Jeneponto	EN	Enrekang
TA	Takalar	LW	Luwu
GO	Gowa	TR	Tana Toraja
SI	Sinjai	LU	Luwu Utara
BO	Bone	LT	Luwu Timur
MA	Maros	TU	Toraja Utara
PA	Pangkep	MK	Makassar
BR	Barru	PR	Parepare
SO	Soppeng	PO	Palopo
Kode	Peruntukan		
1:	Transportasi		
2:	Industri/Agro Industri		
3:	Pemukiman		
4:	Perkantoran/Komersial		

Contoh: BA1 = Bantaeng (Transportasi) (Halkidi et al., 2001; Herawatie & Purbandini, 2014)

Adapun langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah:



Adapun langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah:

1. Mengumpulkan data rekaman pengukuran passive sampler NO₂ dan SO₂ tahun 2019 dan 2020.
2. Menginput/memasukkan data.
3. Melakukan analisis statistika deskriptif terhadap peubah NO₂ dan SO₂. Deskripsi data dilihat dari peringkat lima terbesar dan lima terkecil dari masing-masing peubah.
4. Mendeteksi pencilon dengan menggunakan diagram kotak garis dari masing-masing peubah.
5. Preprocessing data merupakan langkah penting dalam proses penemuan pengetahuan, karena keputusan-keputusan yang berkualitas harus didasarkan pada data yang berkualitas. Langkah dari preprocessing data yaitu cleaning data dan Normalisasi data.
6. Uji Multikolinearitas menggunakan matriks korelasi dan Nilai Variance Inflation Factor (VIF) (Gujarati dkk., 2012; Sihombing dkk., 2019).
7. Penggerombolan dengan metode k-medoid dan CLARA berdasarkan perhitungan nilai IKU.
8. Melakukan penggerombolan k-medoid dan CLARA terhadap data berdasarkan perhitungan nilai IKU dengan aplikasi R version 3.5.1.
9. Melakukan pengacakan data pengulangan penggerombolan terhadap hasil gerombol metode k-medoid dan CLARA sebanyak 100 kali.
10. Setelah itu, pemilihan pengacakan terbaik dengan nilai silhouette tertinggi dari setiap pengacakan dan pengulangan.
11. Menggerombolkan data pengkategorian perhitungan nilai IKU.
12. Melakukan perbandingan hasil penggerombolan metode k-medoid dan CLARA dengan hasil gerombol perhitungan berdasarkan nilai IKU

C. Hasil dan Pembahasan

1. Deskriptif Data

Deskriptif pada data dilakukan untuk mengetahui sebaran nilai dari konsentrasi NO₂ dan SO₂ di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2019 dan 2020 seperti nilai rata – rata, nilai minimum, dan nilai maksimum. Sebaran nilai dari kedua konsentrasi pada tahun 2019 dan 2020 dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3. Terlihat pada Tabel 2 rata-rata konsentrasi NO₂ dan SO₂ untuk 2019 mencapai 13,85 dan 16,08 yang dimana masih berada dibawah limit value yang sudah ditentukan dan masih terkategori aman berdasarkan indeks IKLH. Sedangkan untuk tahun 2020, rata-rata kedua konsentrasi mengalami peningkatan walaupun masih dibawah limit value sehingga masih terkategori aman. Walaupun tahun 2019 memiliki nilai rerata variabel yang lebih kecil dibanding tahun 2020 tetapi data tahun 2019 memiliki nilai maksimum yang lebih tinggi dibanding tahun 2020 untuk dua konsentrasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Analisis Deskriptif Nilai Konsentrasi NO₂ dan SO₂ tahun 2019

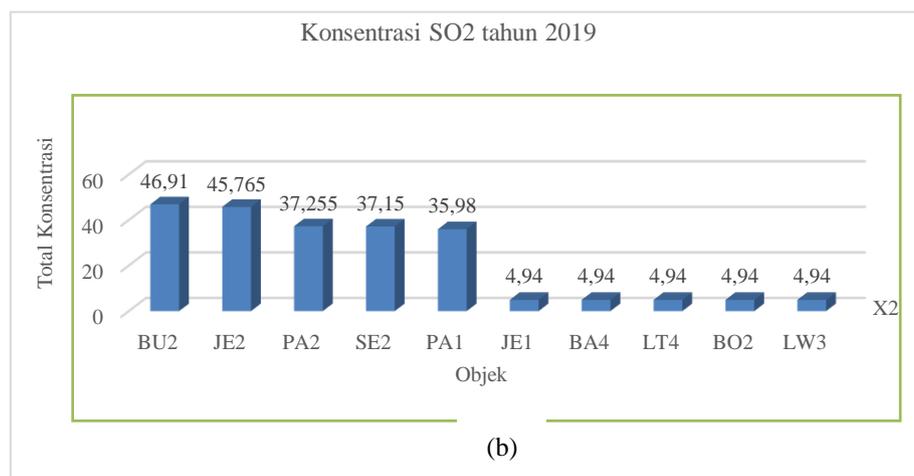
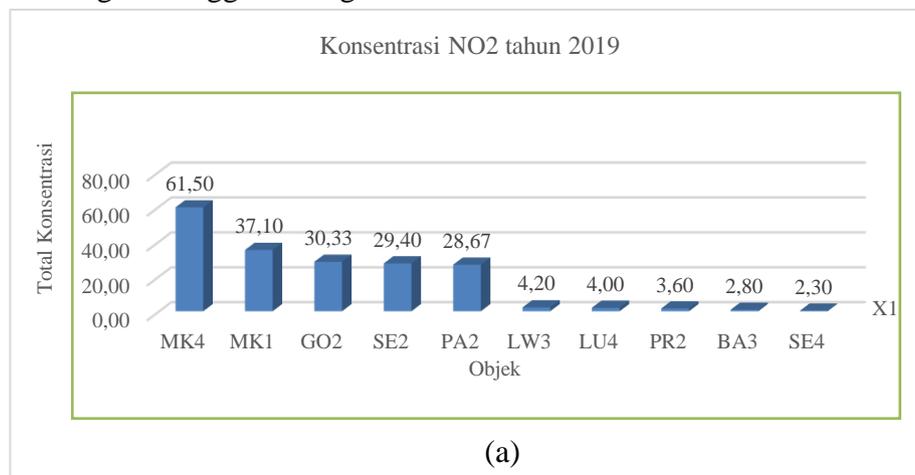
Peubah	Keterangan	Rata-rata	Nilai Maksimum	Nilai Minimum
X1	Nitrogen dioksida (NO ₂)	13,85	61,50	2,30
X2	Sulfur dioksida (SO ₂)	16,08	46,91	4,94



Tabel 3. Analisis Deskriptif Nilai Konsentrasi NO₂ dan SO₂ tahun 20 Analisis Deskriptif Nilai Konsentrasi NO₂ dan SO₂ tahun 2020

Peubah	Keterangan	Rata-rata	Nilai Maksimum	Nilai Minimum
X1	Nitrogendioksida (NO ₂)	14,91	58,35	3,56
X2	Sulfurdioksida (SO ₂)	16,92	38,82	4,27

Selain itu juga statistika deskriptif digunakan untuk menjelaskan lima peringkat tertinggi dan lima peringkat terendah dari masing-masing peubah. Berikut ini adalah data diskriptif yang menjelaskan lima peringkat tertinggi dan lima peringkat terendah dari masing-masing peubah dengan menggunakan gambar.

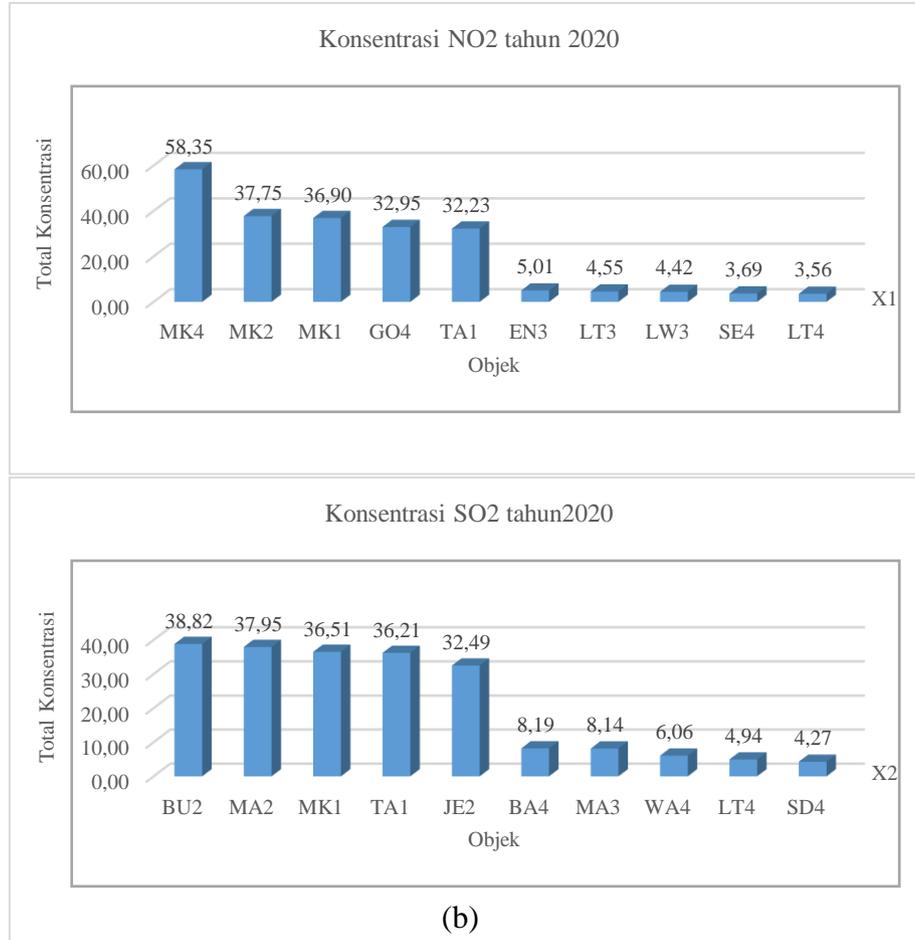


Gambar 1. Lima tertinggi dan terendah pada nilai Konsentrasi NO₂ tahun 2019 (a) dan nilai konsentrasi SO₂ tahun 2019 (b)

Berdasarkan gambar 1.a, nilai konsentrasi NO₂ tertinggi jika diurutkan dari yang tertinggi banyak ditemukan di kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Makassar sektor perkantoran/komersial dan transportasi, diikuti oleh Gowa, Kep. Selayar, dan Palopo dengan sektor industrinya. Nilai terendahnya berasal dari kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Luwu sektor pemukiman, Luwu Utara sektor perkantoran, Pare-pare sektor industri/agro industri, Bantaeng sektor pemukiman, dan Kep. Selayar sektor perkantoran/komersial. Gambar 1.b, nilai konsentrasi SO₂ tertinggi jika diurutkan dari yang tertinggi banyak ditemukan di kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi



Sulawesi Selatan yaitu didominasi sektor industri mulai dari Bulukumba, Jeneponto, Pangkep, Kep. Selayar. Nilai terendahnya berasal dari kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Jeneponto sektor transportasi, Bantaeng sektor perkantoran/komersial, Luwu Timur sektor perkantoran/komersial, Bone sektor industri/agro industri, dan Luwu sektor pemukiman.

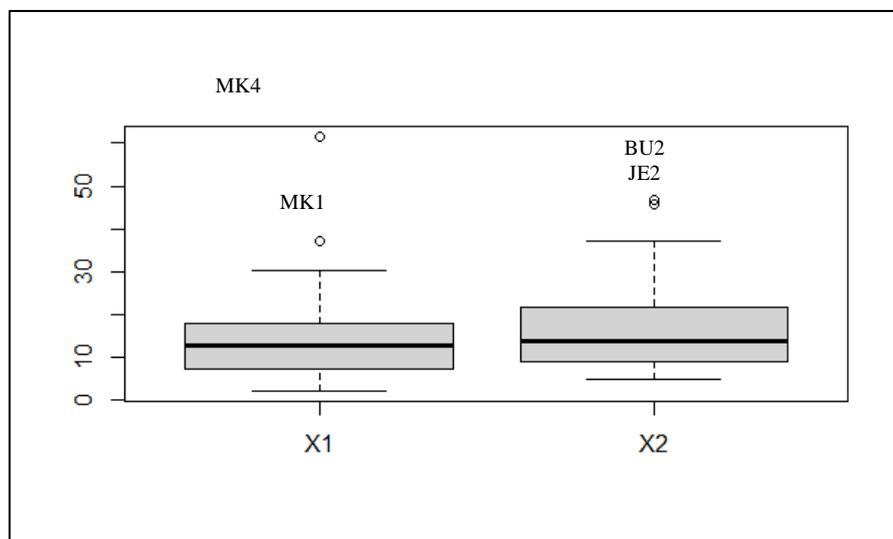


Gambar 2. Lima tertinggi dan terendah pada nilai Konsentrasi NO2 tahun 2020 (a) dan nilai konsentrasi SO2 tahun 2020 (b)

Berdasarkan gambar 2.a, nilai konsentrasi NO2 tertinggi jika diurutkan dari yang tertinggi banyak ditemukan di kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Makassar sektor perkantoran/komersial, industri/agro industri, dan transportasi, diikuti oleh Gowa sektor perkantoran/komersial dan Takalar sektor transportasi. Nilai terendahnya berasal dari kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi Sulawesi Selatan yaitu didominasi sektor pemukiman dan perkantoran/komersial di Enrekang, Luwu Timur, Luwu, dan Kep. Selayar. Gambar 1.b, nilai konsentrasi SO2 tertinggi jika diurutkan dari yang tertinggi banyak ditemukan di kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi Sulawesi Selatan yaitu didominasi sektor industri dan transportasi mulai dari Bulukumba, Makassar, Takalar, dan Jeneponto. Sementara nilai terendahnya berasal dari kabupaten/kota beserta sektornya Provinsi Sulawesi Selatan yaitu didominasi sektor perkantoran/komersial dan pemukiman dimulai dari Bantaeng, Makassar, Wajo, Luwu Timur, dan Sidrap.

2. Uji pencilan

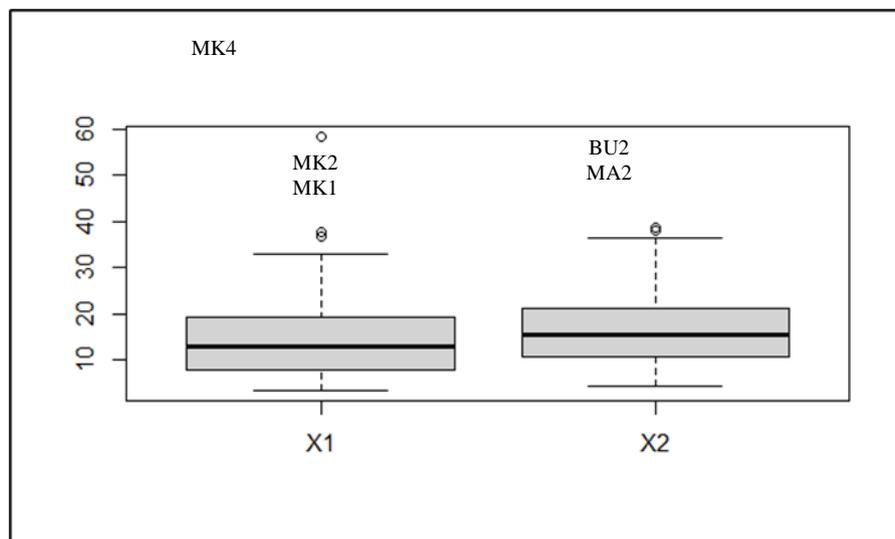
Isna Hidayatur Rifa dkk (2019) dalam penelitiannya mengatakan bahwa CLARA mampu menggerombolkan data berukuran besar, dan lebih robust terhadap pencilan. Uji pencilan pada penelitian ini bertujuan untuk memudahkan dalam menganalisis karakteristik hasil penggerombolan yang diperoleh. Gambar 3 memperlihatkan total nilai konsentrasi NO₂ dan SO₂ tahun 2019 memiliki pencilan atas. Pencilan atas ditempati oleh daerah dan sektor yang berkontribusi tinggi menyumbangkan nilai konsentrasi NO₂ dan SO₂ tahun 2019 di udara Provinsi Sulawesi Selatan. Data pencilan atas pada kedua konsentrasi dimaknai sebagai belum berhasilnya penanganan pengelolaan limbah udara terutama sektor industri/agro industri di beberapa daerah di Provinsi Sulawesi Selatan. Walaupun angka yang diperlihatkan masih dibawah limit value pencemar udara yang ditetapkan pemerintah, tetapi tetap harus menjadi perhatian penting bagi pemerintah itu sendiri untuk menangani masalah tersebut. Bukan hanya disektor industri/agro industri saja tetapi disektor lainnya. Daerah dan sektor yang termasuk data pencilan atas dari nilai konsentrasi NO₂ yaitu Kota Makassar sektor perkantoran/komersial dan transportasi. Sedangkan Daerah dan sektor yang termasuk data pencilan atas dari nilai konsentrasi SO₂ yaitu Kab. Bulukumba dan Kab. Jeneponto sektor industri/agro industri. Pencilan yang ditemukan pada data passive sampler 2019 dan 2020 tidak mempengaruhi hasil penggerombolan dikarenakan seperti yang kita ketahui bahwa metode k-medoid dan CLARA kekar terhadap pencilan berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan akan tetapi mempengaruhi jumlah gerombol dan pelabelan gerombol berdasarkan nilai IKU itu sendiri.



Gambar 3. Diagram kotak garis total nilai konsentrasi NO₂ (X1) dan SO₂ (X2) tahun 2019

Pada diagram kotak garis yang ditunjukkan oleh gambar 4 total nilai konsentrasi NO₂ (X1) dan SO₂ (X2) tahun 2020 terdapat pencilan atas. Pencilan atas terjadi karena tingginya kandungan NO₂ dan SO₂ di udara dari masing-masing daerah walaupun masih berada dibawah ambang batas mutu atau limit value yang ditetapkan pemerintah. Pencilan atas justru ditempati oleh ibukota Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Kota Makassar. Kota Makassar merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang dimana setiap tahunnya terjadi perkembangan diberbagai sektor baik sektor transportasi, industri/agro industri, pemukiman yang terus tumbuh, dan perkantoran/komersial, dengan berkembangnya kota Makassar menjadi kota metropololitan juga mempengaruhi kualitas udara di kota makassar. Jika

dibandingkan total nilai konsentrasi NO₂ dan SO₂ tahun 2019 terjadi penurunan nilai konsentrasi yang menandakan bahwa pemerintah pusat maupun daerah juga menaruh perhatian penting terhadap lingkungan terutama kualitas udara.



Gambar 4. Diagram kotak garis total nilai konsentrasi NO₂ (X1) dan SO₂ (X2) tahun 2019

a. Uji multikolinearitas

Dengan menggunakan matriks korelasi, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Matriks korelasi data tahun 2019

Variabel	X1	X2
X1	1	0,141137
X2	0,141137	1

Berdasarkan tabel 4, diketahui bahwa nilai dari koefisien korelasi X1 dengan X2 adalah 0,141137. Nilai tersebut kurang dari 0,8, sehingga pada data ini terjadi non-multikolinearitas. Untuk mempertegas hasil bahwa tidak terjadi multikoneritas antar variabel independen maka dalam penelitian ini juga mencari Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Nilai VIF yang diperoleh yaitu 1,020325 karena nilai VIF < 10 maka kesimpulannya Non-Multikolineritas atau tidak terjadinya multikolinearitas.

Dengan cara yang sama untuk total nilai konsentrasi NO₂ dan SO₂ tahun 2020, diperoleh hasil berikut:

Tabel 5. Matriks korelasi data tahun 2020

Variabel	X1	X2
X1	1	0,257556
X2	0,257556	1

Berdasarkan tabel 5, diketahui bahwa nilai dari koefisien korelasi X1 dengan X2 adalah 0,257556. Nilai tersebut kurang dari 0,8, sehingga pada data ini terjadi non-multikolinearitas. Untuk mempertegas hasil bahwa tidak terjadi multikoneritas antar variabel independen maka dalam penelitian ini juga mencari Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Nilai VIF yang



diperoleh yaitu 1,071048 karena nilai VIF < 10 maka kesimpulanya Non-Multikoneritas atau tidak terjadinya multikoneritas.

b. Penggerombolan metode K-medoid

Penelitian yang dilakukan oleh Irwan, dkk (2023) menggunakan k-medoid dalam mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan dengan Indeks Kualitas Udara (IKU) bahwa kualitas gerombol yang dihasilkan nilai koefisien *Silhouette* tertinggi yaitu 0.56 dengan jumlah gerombol 2 dan jumlah data 96. Jumlah gerombol dan jumlah data mempengaruhi terhadap hasil kualitas dari gerombol. Pada penelitian ini, analisis gerombol menggunakan k-medoid dengan k = 6 dilakukan sesuai dengan pengkategorian nilai IKU untuk data passive sampler 2019 dan 2020. Hasil penggerombolan pada metode ini tetap meskipun dilakukan pengacakan terhadap data sebanyak 100 kali. Karakteristik penggerombolan dengan k = 6 dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7. Gerombol ditentukan berdasarkan rata-rata per indikator pemantauan yang memperlihatkan hubungan yang sesuai, dimulai dengan nilai yang tertinggi sampai yang terendah. Banyak kabupaten/kota yang dibagi lagi dengan empat sektor terdapat pada gerombol tiga dan lima yang dimaknai bahwa sebagian besar daerah di Provinsi Sulawesi Selatan masih tergolong indeks kualitas udaranya masih sangat baik dan baik untuk tahun 2019 sedangkan tahun 2020 sebagian besar daerah di Provinsi Sulawesi Selatan masih tergolong indeks kualitas udaranya masih sangat baik dan cukup. Daerah – daerah pada gerombol lima memiliki rata – rata pemantauan NO₂ dan SO₂ yang rendah dan masih dibawah limit value yang telah ditentukan. Terlihat pada tabel 8 bahwa daerah pada Gerombol satu dan empat yang memiliki rata – rata pemantauan SO₂ yang tinggi hingga melebihi rata – rata limit value yang sudah disepakati walaupun rata – rata pemantauan NO₂ nya masih dibawah limit value. Sedangkan daerah pada gerombol dua dan enam memiliki rata – rata pemantauan NO₂ yang cukup tinggi dibandingkan rata – rata pemantauan SO₂ dan daerah yang termasuk kedalam gerombol tiga memiliki rata – rata pemantauan NO₂ dan SO₂ yang tidak begitu jauh perbedaannya dan masih dibawah limit value – nya. Jika dilakukan pendekatan antara nilai rata-rata indikator pemantauan NO₂ dan SO₂ dalam gerombol dengan nilai IKU berdasar pengkategorian status IKLH, kategori yang terbentuk berdasarkan urutan gerombol adalah cukup, sangat kurang, baik, waspada, sangat baik dan kurang.

Tabel 6. Karakteristik Penggerombolan k-medoid data passive sampler tahun 2019 dengan k = 6

Gerombol ke-	Rataan Pemantauan NO ₂ 2019	Rataan Pemantauan SO ₂ 2019	Rerata Indeks NO ₂	Rerata Indeks SO ₂	Banyak Daerah	Nilai IKU	Kategori IKLH
1	7.85	20.81	0.20	1.04	18	71.20	Cukup
2	23.20	22.82	0.58	1.14	18	57.75	Sangat Kurang
3	13.75	13.31	0.34	0.67	23	77.52	Baik
4	8.77	42.88	0.22	2.14	3	39.91	Waspada
5	8.27	7.02	0.21	0.35	25	90.06	Sangat Baik
6	24.64	16.50	0.62	0.83	9	65.52	Kurang



Tabel 7. Karakteristik Penggerombolan *k-medoid* data *passive sampler* tahun 2020 dengan $k = 6$

Gerombol ke-	Rataan Pemantauan NO ₂ 2020	Rataan Pemantauan SO ₂ 2020	Rerata Indeks NO ₂	Rerata Indeks SO ₂	Banyak Daerah	Nilai IKU	Kategori IKLH
1	6.49	16.48	0.16	0.82	17	78.16	Baik
2	29.95	20.81	0.75	1.04	13	55.85	Sangat Kurang
3	18.49	14.05	0.46	0.70	22	73.20	Cukup
4	11.05	26.10	0.28	1.30	16	61.64	Kurang
5	10.08	9.44	0.25	0.47	25	85.45	Sangat Baik
6	32.08	36.89	0.80	1.84	3	32.05	Waspada

Sedangkan pada tabel 7 terlihat daerah pada gerombol dua dan empat yang memiliki rata – rata pemantauan SO₂ yang tinggi hingga melebihi rata–ratan *limit value* yang sudah disepakati walaupun rata – rata pemantauan NO₂ nya masih dibawah *limit value*. Sedangkan daerah pada gerombol satu dan tiga memiliki rata – rata pemantauan NO₂ dan SO₂ yang masih tinggi tapi masih dibawah *limit value* dan daerah yang termasuk kedalam gerombol enam memiliki rata –rata pemantauan NO₂ dan SO₂ yang sangat tinggi dibandingkan gerombol lainnya walupun masih dibawah *limit value* yang sudah ditentukan. Jika dilakukan pendekatan antara nilai rataan indikator pemantauan NO₂ dan SO₂ dalam gerombol dengan nilai IKU berdasar pengkategorian status IKLH, kategori yang terbentuk berdasarkan urutan gerombol adalah baik, sangat kurang, cukup, kurang, sangat baik, dan waspada.

Dari karakteristik yang terbentuk berdasarkan penggerombolan dengan metode *k-medoid* untuk data *passive sampler* 2019 dan 2020 terlihat ada perubahan dari jumlah daerah dalam gerombol maupun kategori IKLH pada gerombol. Jika dibandingkan table 6 dan table 7 terlihat bahwa ada beberapa daerah pada tahun 2019 masih berkategori indeks kualitas.

Udara kurang dan pada tahun 2020 menjadi daerah berkategori indeks kualitas udara waspada seperti Kab.Takalar. Menandakan di daerah tersebut terjadi perkembangan pesat dikeempat sektornya tetapi tidak berbanding lurus dengan pengelolaan limbah udara yang baik. Inilah yang harusnya menjadi perhatian penting bagi pemerintah pusat maupun daerah.

c. Penggerombolan metode CLARA

Penggerombolan menggunakan CLARA digunakan untuk mengetahui penggerombolan berdasarkan nilai IKU. Penggerombolan CLARA dengan inisiasi $k = 6$ sebagai perbandingan pengkategorian indeks IKLH beradasarkan nilai IKU. Pada penggerombolan ini dilakukan pengacakan urutan data observasi dan penggerombolan sebanyak 100 kali. Ulangan terbaik untuk data *passive sampler* 2019 dengan nilai *silhouette* 0.11 terdapat pada ulangan ke-20. Sedangkan untuk data *passive sampler* 2020 dengan nilai *silhouette* 0,14 terdapat pada ulangan ke-7, 9, 10, 21, 26, 29, 30, 34, 36, 42, 44, 45, 50 – 52, 58, 59, 64, 69, 75, 82, 84, 90, dan 94.

Karakteristik penggerombolan untuk data *passive sampler* 2019 dengan banyak gerombol enam dapat dilihat pada tabel 8. Nilai rataan pemantauan NO₂ pada gerombol tiga lebih besar dari rataan pemantauan NO₂ pada gerombol enam yaitu sebesar 16,90 dan 13,41. Keputusan untuk menentukan jenis gerombol adalah dengan mempertimbangkan nilai indikator lainnya. Hampir sama seperti metode *k-medoid*, pada metode ini banyaknya kabupaten/kota yang dibagi dengan empat sektor banyak terdapat pada jenis gerombol indeks kualitas udara sangat baik, baik dan cukup (gerombol empat, satu dan tiga). Gerombol indeks kualitas udara sangat baik yaitu gerombol empat mempunyai paling banyak anggota yaitu 27



kabupaten/kota yang dibagi kedalam empat sektor sedangkan gerombol indeks kualitas udara kurang, sangat kurang dan waspada (gerombol enam, lima, dan dua) hanya memiliki 12, 13, dan 7 kabupaten/kota yang dibagi kedalam empat sektor. Sama halnya dengan metode *k-medoid*, anggota dari gerombol indeks kualitas udara waspada adalah kabupaten/kota berdasarkan sektornya yang menjadi pencilan atas pada indikator nilai konsentrasi SO₂ pada data *passive sampler* 2019. Kabupaten/kota berdasarkan sektornya tersebut adalah Kab. Bulukumba (industri/agro industri) dan Kab. Jeneponto (industri/agro industri). Sedangkan untuk data yang termasuk pencilan atas pada indikator nilai konsentrasi NO₂ pada data *passive sampler* 2019 berada pada gerombol indeks kualitas udara sangat kurang (gerombol lima). Kabupaten/kota berdasarkan sektornya tersebut adalah Kota Makassar (perkantoran/komersial dan transportasi). Pendekatan antara nilai rata-rata indikator pengkategorian berdasarkan nilai IKU dengan nilai rata-rata indikator pada penggerombolan didapatkan enam kategori yaitu sangat baik, baik, cukup, kurang, sangat kurang, dan waspada.

Tabel 1. Karakteristik Penggerombolan CLARA data passive sampler tahun 2019 dengan k = 6

Gerombol ke-	Rataan Pemantauan NO ₂ 2019	Rataan Pemantauan SO ₂ 2019	Rerata Indeks NO ₂	Rerata Indeks SO ₂	Banyak Daerah	Nilai IKU	Kategori IKLH
1	10,60	14,33	0,27	0,72	18	78,28	Baik
2	15,65	37,53	0,39	1,88	7	42,56	Waspada
3	16,90	13,96	0,42	0,70	19	74,44	Cukup
4	8,73	7,85	0,22	0,39	27	88,59	Sangat Baik
5	23,99	22,23	0,60	1,11	13	58,02	Sangat kurang
6	13,41	21,45	0,34	1,07	12	66,45	Kurang

Tabel 2. Karakteristik Penggerombolan CLARA data passive sampler tahun 2020 dengan k = 6

Gerombol ke-	Rataan Pemantauan NO ₂ 2020	Rataan Pemantauan SO ₂ 2020	Rerata Indeks NO ₂	Rerata Indeks SO ₂	Banyak Daerah	Nilai IKU	Kategori IKLH
1	8,70	12,34	0,22	0,62	14	82,37	Baik
2	30,71	18,85	0,77	0,94	12	58,04	Sangat kurang
3	14,44	16,06	0,36	0,80	17	73,22	Cukup
4	17,10	31,24	0,43	1,56	8	50,28	Waspada
5	9,37	10,44	0,23	0,52	22	84,55	Sangat Baik
6	15,34	20,53	0,38	1,03	23	66,39	Kurang

Karakteristik penggerombolan untuk data *passive sampler* 2020 dengan banyak gerombol enam dapat dilihat pada Tabel 9. Nilai rata-rata pemantauan NO₂ pada gerombol dua lebih besar dari nilai rata-rata pemantauan NO₂ pada gerombol empat yaitu sebesar 30,71 dan 17,10. Keputusan untuk menentukan jenis gerombol adalah dengan mempertimbangkan nilai indikator lainnya. Kabupaten/kota yang dibagi dengan empat sektor banyak terdapat pada jenis gerombol indeks kualitas udara kurang, sangat baik dan cukup (gerombol enam, lima, dan tiga). Gerombol indeks kualitas udara kurang yaitu gerombol enam mempunyai paling banyak anggota yaitu 23 kabupaten/kota yang dibagi kedalam empat sektor sedangkan gerombol indeks kualitas udara baik, sangat kurang dan waspada (gerombol satu, dua dan empat) hanya memiliki 14, 12 dan 8 kabupaten/kota yang dibagi kedalam empat sektor. Anggota dari gerombol indeks kualitas udara waspada adalah kabupaten/kota berdasarkan



sektornya yang menjadi pencilan atas pada indikator nilai konsentrasi SO_2 pada data *passive sampler* 2020. Kabupaten/kota berdasarkan sektornya tersebut adalah Kab. Bulukumba (industri/agro industri) dan Kab. Maros (industri/agro ndustri). Sedangkan untuk data yang termasuk pencilan atas pada indikator nilai konsentrasi NO_2 pada data *passive sampler* 2020 berada pada gerombol indeks kualitas udara sangat kurang (gerombol dua). Kabupaten/kota berdasarkan sektornya tersebut adalah Kota Makassar (perkantoran/komersial, industri/agro industri dan transportasi). Pendekatan antara nilai rata-rata indikator pengkategorian berdasarkan nilai IKU dengan nilai rata-rata indikator pada penggerombolan pada data *passive sampler* 2020 didapatkan enam kategori yaitu sangat baik, baik, cukup, kurang, sangat kurang, dan waspada.

Dari karakteristik yang terbentuk berdasarkan penggerombolan dengan metode CLARA untuk data *passive sampler* 2019 dan 2020 terlihat ada perubahan dari segi jumlah daerah dalam gerombol maupun kategori IKLH pada gerombol. Jika dibandingkan tabel 8 dan table 9 terlihat bahwa ada beberapa daerah pada tahun 2019 masih berkategori indeks kualitas udara cukup dan pada tahun 2020 menjadi daerah berkategori indeks kualitas udara sangat baik seperti Kab. Enrekang dan Kab. Pinrang. itu dua daerah tersebut terjadi penurunan rata – rata nilai konsentrasi NO_2 dan SO_2 . Tetapi ada juga daerah yang terjadi peningkatan rata – rata nilai konsentrasi NO_2 dan SO_2 seperti Kab. Bone sehingga mengubah status IKLH dari sangat baik menjadi waspada.

d. Perbandingan dengan Metode Penggerombolan Berdasarkan Nilai IKU

Kementerian Lingkungan Hidup mengkategorikan nilai IKU kedalam status IKLH yaitu enam kategori yaitu sangat baik, baik, cukup, kurang, sangat kurang, dan waspada. Kategori tersebut membagi kabupaten/kota beserta empat sektor setiap kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan dalam beberapa status IKLH berdasar nilai IKU (Laporan Dinas Lingkungan, 2020). Karakteristik dalam pengkategorian dengan status IKLH berdasar nilai IKU untuk data *passive sampler* 2019 dapat dilihat pada Tabel 10. Tabel 10 menunjukkan bahwa untuk kategori nilai IKU sangat baik memiliki nilai tiap rata-rata pemantauan yang paling rendah. Sebaliknya untuk kategori nilai IKU baik memiliki nilai rata-rata pemantauan NO_2 yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai rata-rata pemantauan NO_2 kategori nilai IKU cukup. Hal tersebut menyebabkan ketidaksesuaian urutan antara indikator tiap rata-rata pemantauan IKU dengan kategori yang terbentuk. Hanya indikator rata-rata pemantauan SO_2 saja yang sesuai dengan pengkategorian yang diurutkan.

Tabel 10. Karakteristik penggerombolan dengan status IKLH berdasar nilai IKU data PS 2019

Gerombol ke-	Rataan Pemantauan NO_2 2019	Rataan Pemantauan SO_2 2019	Rerata Indeks NO_2	Rerata Indeks SO_2	Banyak Daerah	Nilai IKU	Kategori IKLH
1	8,98	7,69	0,22	0,38	32	88,64	Sangat Baik
2	14,26	12,90	0,36	0,64	21	77,74	Baik
3	12,48	19,16	0,31	0,96	18	70,27	Cukup
4	18,83	21,84	0,47	1,09	11	62,14	Kurang
5	16,65	27,59	0,42	1,38	6	55,68	Sangat kurang
6	26,43	34,56	0,66	1,73	8	39,21	Waspada

Tabel 10 memperlihatkan bahwa warna yang dominan pada keseluruhan wilayah Provinsi Sulawesi Selatan untuk data *passive sampler* tahun 2019 adalah warna biru yang



diartikan sebagai daerah yang mempunyai nilai IKU cukup, selanjutnya warna hijau muda (baik) diikuti warna hijau tua (sangat baik). Warna kuning (kurang), warna merah muda (sangat kurang) dan warna merah (waspada) yang tidak terlihat tampak jelas pada peta karena masing – masing kategori hanya memiliki satu daerah saja yang masuk didalam kategori tersebut. Kategori nilai IKU sangat baik merata menyebar di wilayah utara dan wilayah selatan. Kab. Pangkep tidak berbeda jauh dengan metode *k-medoid* dan CLARA mempunyai kategori nilai IKU waspada. Hal tersebut karena Kab. Pangkep adalah Kabupaten yang dimana sektor industri/agro industri dan sektor transportasinya masuk kedalam lima besar rata – rata penghasil konsentrasi NO₂ dan SO₂ pada tahun 2019 di Provinsi Sulawesi Selatan.

Sedangkan karakteristik dalam penggerombolan dengan status IKLH berdasar nilai IKU untuk data *passive sampler* 2020 dapat dilihat pada Tabel 11. Tabel 11 menunjukkan bahwa untuk kategori nilai IKU sangat baik memiliki nilai tiap rataan pemantauan yang paling rendah. Sebaliknya untuk kategori nilai IKU baik memiliki nilai rataan pemantauan NO₂ yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai rataan pemantauan NO₂ kategori nilai IKU cukup yaitu 13,83 dan 13,71. Hal tersebut menyebabkan ketidaksesuaian urutan antara indikator tiap rataan pemantauan IKU dengan kategori yang terbentuk. Hanya indikator rataan pemantauan SO₂ saja yang sesuai dengan pengakategorian yang diurutkan.

Tabel 11. Karakteristik penggerombolan dengan status IKLH berdasar nilai IKU data PS 2020

Gerombol ke-	Rataan Pemantauan NO ₂ 2020	Rataan Pemantauan SO ₂ 2020	Rerata Indeks NO ₂	Rerata Indeks SO ₂	Banyak Daerah	Nilai IKU	Kategori IKLH
1	8.75	9.76	0.22	0.49	25	85.92	Sangat Baik
2	13.83	13.43	0.35	0.67	26	77.30	Baik
3	13.71	18.27	0.34	0.91	15	70.66	Cukup
4	15.95	22.11	0.40	1.11	12	63.77	Kurang
5	21.73	25.52	0.54	1.28	12	55.02	Sangat kurang
6	32.93	31.51	0.82	1.58	6	38.92	Waspada

Tabel 11 memperlihatkan bahwa warna yang dominan pada keseluruhan wilayah Provinsi Sulawesi Selatan untuk data *passive sample* tahun 2020 sama saja data *passive sampler* 2019 adalah warna biru yang diartikan sebagai daerah yang mempunyai nilai IKU cukup, selanjutnya warna hijau muda (baik) diikuti warna kuning (kurang). Warna kuning (kurang) didominasi oleh daerah yang berdekatan dengan ibukota provinsi yaitu Kab. Gowa, Kab Maros dan Kab. Takalar. Warna merah muda (sangat kurang) dan warna merah (waspada) yang tidak terlihat tampak jelas pada peta karena masing - masing kategori hanya memiliki satu daerah saja yang masuk didalam kategori tersebut. Kategori nilai IKU cukup merata menyebar di wilayah utara dan wilayah selatan. Pada data *passive sampler* tahun 2020 ini, Kota Makassar tidak berbeda jauh dengan metode *k-medoid* dan CLARA mempunyai kategori nilai IKU waspada. Hal itu terjadi dikarenakan Kota Makassar adalah kota yang dimana sektor industri/agro industri, sektor transportasinya dan sektor perkantoran/komersial masuk kedalam lima besar rata – rata penghasil konsentrasi NO₂ dan SO₂ pada tahun 2020 di Provinsi Sulawesi Selatan.

Banyaknya daerah pada penggerombolan berdasarkan nilai IKU tahun 2019 maupun 2020 memiliki kemiripan hasil dengan metode *k-medoid* dan CLARA untuk kedua data tersebut yaitu banyak ditemukan pada kategori IKU sangat baik, baik dan cukup. Banyak daerah pada gerombol enam merupakan daerah yang menjadi pencilan atas pada dua indikator



nilai IKU. Namun pencilaan atas tiap indikator nilai IKU tidak berkumpul menjadi anggota sendiri jika kita menggunakan metode *k-medoid* dan CLARA.

e. Perbandingan hasil gerombol *k-medoid*, CLARA, dan IKU

Selanjutnya kita menggunakan *confusion matrix* antara hasil penggerombolan metode *k-medoid* dan CLARA dengan penggerombolan berdasarkan nilai IKU baik data 2019 dan data 2020 dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13. *Confusion matrix* digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu model agar dapat memberikan gambaran terhadap seberapa baik model tersebut dalam menggerombolan data dengan benar. *Confusion matrix* merupakan tabel yang diperoleh dari jumlah ketepatan hasil prediksi dengan data aktual pada masing – masing data uji (Riyanto, 2019). Ukuran dalam ketepatan hasil prediksi dengan data aktual yaitu *Accuracy*, *Precision*, dan *Recall* (Riyanto, 2019; Sokolova & Lapalme, 2009).

Tabel 12. Confusion matrix hasil penggerombolan *k-medoid* dengan penggerombolan berdasarkan nilai IKU untuk data PS 2019

		Gerombol <i>k-medoid</i>						Jumlah
		SB	B	C	K	SK	W	
Gerombol nilai IKU	SB	25	4	2	0	1	0	32
	B	0	14	4	2	1	0	21
	C	0	5	10	3	0	0	18
	K	0	0	0	3	8	0	11
	SK	0	0	2	0	4	0	6
	W	0	0	0	1	4	3	8
Jumlah		25	23	18	9	18	3	96

Tabel 13. Confusion matrix hasil penggerombolan CLARA dengan penggerombolan berdasarkan nilai IKU untuk data PS 2019

		Gerombol CLARA						Jumlah
		SB	B	C	K	SK	W	
Gerombol nilai IKU	SB	25	6	1	0	0	0	32
	B	2	7	10	1	1	0	21
	C	0	4	7	5	2	0	18
	K	0	1	1	4	5	0	11
	SK	0	0	0	2	2	2	6
	W	0	0	0	0	3	5	8
Jumlah		27	18	19	12	13	7	96

Tabel 12 dan Tabel 13 memperlihatkan kesesuaian dari masing – masing banyaknya gerombol pada metode *k-medoid* dan CLARA. Perbedaan penggerombolan pada kedua metode tidak jauh berbeda. *K-medoid* lebih efektif menggerombolan berdasarkan nilai IKU dengan *Accuracy* sebesar 61%, *Precision* sebesar 55%, dan *Recall* sebesar 62% sedangkan CLARA dengan *Accuracy* sebesar 52%, *Precision* sebesar 47%, dan *Recall* sebesar 48%. Hal ini menunjukkan kemiripan dari ketiga metode tersebut dalam menggerombolan data *passive sampler* tahun 2019 relatif kecil.



Tabel 14. Confusion matrix hasil penggerombolan k-medoid dengan penggerombolan berdasarkan nilai IKU untuk data PS 2020

		Gerombol <i>k-medoid</i>						Jumlah
		SB	B	C	K	SK	W	
Gerombol nilai IKU	SB	20	5	0	0	0	0	25
	B	5	8	13	0	0	0	26
	C	0	2	7	5	1	0	15
	K	0	2	2	5	3	0	12
	SK	0	0	0	5	7	0	12
	W	0	0	0	1	2	3	6
Jumlah		25	17	22	16	13	3	96

Tabel 15. Confusion matrix hasil penggerombolan CLARA dengan penggerombolan berdasarkan nilai IKU untuk data PS 2020

		Gerombol CLARA						Jumlah
		SB	B	C	K	SK	W	
Gerombol nilai IKU	SB	17	8	0	0	0	0	25
	B	5	5	10	4	2	0	26
	C	0	0	5	7	2	1	15
	K	0	1	2	8	1	0	12
	SK	0	0	0	4	4	4	12
	W	0	0	0	0	3	3	6
Jumlah		22	14	17	23	12	8	96

Tabel 14 dan Tabel 15 memperlihatkan kesesuaian dari masing – masing banyaknya gerombol pada metode *k-medoid* dan CLARA. Perbedaan penggerombolan pada kedua metode tidak jauh berbeda. *k-medoid* lebih efektif menggerombolkan berdasarkan nilai IKU dengan *Accuracy* sebesar 52%, *Precision* sebesar 51%, dan *Recall* sebesar 57% sedangkan CLARA dengan *Accuracy* sebesar 44%, *Precision* sebesar 45%, dan *Recall* sebesar 41%. Hal ini menunjukkan kemiripan dari ketiga metode tersebut dalam menggerombolkan data *passive sampler* tahun 2020 relatif kecil. Terlihat dari penerapan kedua metode untuk data tahun 2019 dan 2020 dengan tingkat keakurasian lebih dari 50% dan susunan urutan gerombol dengan nilai rata-rata tiap indikator yang jelas mengindikasikan bahwa metode *k-medoid* dan CLARA dapat menjadi metode alternatif untuk menggerombolkan kabupaten/kota berdasarkan empat sektornya di Provinsi Sulawesi Selatan.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dilakukan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan dengan Indeks Kualitas Udara (IKU) diperoleh kesimpulan:

1. Karakteristik yang dihasilkan penggerombolan menggunakan IKU Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2019 dan 2020 dengan analisis *k-medoid* dan CLARA menghasilkan nilai rata-rata, jumlah setiap gerombol, dan status Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) tidak jauh berbeda dengan penggerombolan berdasarkan IKU itu sendiri.
2. Perbandingan hasil gerombol menggunakan IKU Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2019 dan 2020 dengan analisis *k-medoid* dan CLARA berdasarkan *confusion matrix* diperoleh *k-medoid* lebih efektif menggerombolkan berdasarkan nilai IKU dengan *Accuracy*, *Precision*, dan *Recall* dibanding CLARA.



3. Penerapan kedua metode untuk data tahun 2019 dan 2020 dengan tingkat keakuratan lebih dari 50% dan susunan urutan gerombol dengan nilai rata-rata tiap indikator yang jelas mengindikasikan bahwa metode *k-medoid* dan CLARA dapat menjadi metode alternatif untuk menggerombolkan kabupaten/kota berdasarkan empat sektornya di Provinsi Sulawesi Selatan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad. Z., Irwan., dan Imanuel. A. S., (2022). Penerapan K-Means Clustering dalam Pengelompokan Data (Studi Kasus Profil Mahasiswa Matematika FMIPA UNM). *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*. 163–176. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v5i2.38820>
- Cahyadahrena, M. B. (2015). *Deteksi Pencilan Pada Data Titik Panas Menggunakan Clustering Berbasis Medoids*. Skripsi: Institut Pertanian Bogor.
- Gujarati, D. N., C.Porter, D., & Mangunsong, R. C. (2012). Dasar-dasar Ekonometrika Buku 2 Edisi 5 (Basic Econometrics) / Damodar N.Gujarati. In *Jakarta : Salemba Empat* (5th ed., Vol. 28, Issue 3). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2004.12.019>
- Hair Jr, J. F., Black Barry J, W. C., & Anderson, B. R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis Seventh Edition*. Pearson. <https://doi.org/10.4324/9781351269360>
- Halkidi, M., Batistakis, Y., & Vazirgiannis, M. (2001). On clustering validation techniques. *Journal of Intelligent Information Systems*, 17(2–3), 107–145. <https://doi.org/10.1023/A:1012801612483>
- Herawatie, D., & Purbandini, E. W. (2014). Perbandingan Algoritma Pengelompokan Non-Hierarki untuk Dataset Dokumen. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) Yogyakarta*, 11–16.
- Irwan., Maya, S. W., Sulaiman., Andi. M. M., (2022). Analisis K-Medoid Untuk Pemetaan Tingkat Pencemaran Udara di Provinsi Sulawesi Selatan. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 106 – 120. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v5i2.38215>
- Irwan., Sahlan, S., dan Asmelia, P. A., (2022). Pengelompokan Jenis Penerimaan Pajak di Kota Makassar Menggunakan Fuzzy Clustering. *EULER: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*. 98-102. <https://doi.org/10.34312/euler.v10i1.14225>
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis 6th edition.pdf*. Prentice Hall.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). *Finding Group in Data*. John Willey & Sons, Inc.
- Laporan Dinas Lingkungan, H. D. (2020). *Laporan IKLH 2020 Dinas Lingkungan Hidup dan*



Kehutanan DIY.

- Masito, A. (2018). Risk Assessment Ambient Air Quality (NO₂ And SO₂) and The Respiratory Disorders to Communities in the Kalianak Area of Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 394. <https://doi.org/10.20473/jkl.v10i4.2018.394-401>
- Rifa, I. H., Pratiwi, H., & Respatiwan. (2019). *Implementasi algoritma clara untuk data gempa bumi di indonesia 1 1,2,3. 2006*, 161–166.
- Riyanto, U. (2019). Analisis Perbandingan Algoritma Naive Bayes Dan Support Vector Machine Dalam Mengklasifikasikan Jumlah Pembaca Artikel Online. *JIKA (Jurnal Informatika)*, 2(2), 62–72. <https://doi.org/10.31000/.v2i2.1521>
- Sihombing, R. E., Rachmatin, D., & Dahlan, J. A. (2019). Program Aplikasi Bahasa R Untuk Pengelompokan Objek Menggunakan Metode *K-medoids* Clustering. *Program Aplikasi Bahasa R Untuk Pengelompokan Objek Menggunakan Metode K-medoids Clustering*, 7(1), 58–79.
- Soemarwoto, O. (1992). Analisis Dampak Lingkungan. In *GMU Press* (Vol. 8, Issue 2, pp. 428–435). GMU Press.
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing and Management*, 45(4), 427–437. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002>
- Supranto, J. (2004). *Analisis multivariat : Arti dan Interpretasi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suardi, A., Uca., Irwan., Rahmat H. S., dan Zulkifli R., (2022). Using k-Means and Self Organizing Maps in Clustering Air Pollution Distribution in Makassar City, Indonesia. *Jambura Journal Of Mathematics*. 167 – 176. <https://doi.org/10.34312/jjom.v4i1.11883>
- Suardi, A., Irwan., Rahmat. H. S. dan Zulkifli. R., (2022). Algorithm K-Prototype for Clustering The Earthquake on Sulawesi Island. *Jurnal Varian*. 189-195. <https://doi.org/10.30812/varian.v5i2.1908>

