

Reduksi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air Hujan dengan Metode Analisis Komponen Utama

Alfi Nur Nitasari¹, Fatiha Nadia Salsabila², Devira Thania Ramadhanty³,
Muhammad Rizal Anggriawan⁴, Dita Amelia⁵, M. Fariz Fadillah Mardianto⁶, Elly Ana⁷

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, alfi.nur.nitasari-2021@fst.unair.ac.id

²Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, fatiha.nadia.salsabila-2021@fst.unair.ac.id

³Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, devira.thania.ramadhanty-2021@fst.unair.ac.id

⁴Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, muhammad.rizal.anggriawan-2021@fst.unair.ac.id

⁵Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, dita.amelia@fst.unair.ac.id

⁶Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, m.fariz.fadillah.m@fst.unair.ac.id

⁷Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, elly-a@fst.unair.ac.id

DOI 10.31102/zeta.2023.8.1.7-15

ABSTRACT

The increase in air pollution that occurs due to industrial and economic activities will affect the rainwater content. The vital function of one of the sources of clean, namely rainwater, makes the urgency of research on indications of a decrease in rainwater quality by analyzing the substances contained. The parameters used for the determination of rainwater quality are the degree of acidity, conductivity, calcium, magnesium, sodium, potassium, ammonium, sulfate ions, nitrate ions, chloride ions, total hardness, and acidity. The data source used is data from the Central Statistics Agency (BPS) entitled "Indonesian Environmental Statistics 2022". By using the Principal Component Analysis method to reduce the variables of rainwater quality influence factors in 35 city/station samples in Indonesia, results were obtained, namely rainwater quality influence factors that can be formed into three main components with each containing 10 variables consisting of acidity, conductivity, magnesium, sodium, potassium, chloride ions, sulfate ions, nitrate ions, total hardness, and acidity capable of explaining 73.695% of the total variance. Based on the main component plot, three groups of cities/stations have similar rainwater quality.

Keywords: *Principal Component Analysis, rainwater quality, dimension reduction*

ABSTRAK

Peningkatan pencemaran udara yang terjadi akibat kegiatan industri dan perekonomian akan mempengaruhi kandungan air hujan. Fungsi vital salah satu sumber air bersih yaitu air hujan, menjadikan urgensi penelitian terhadap adanya indikasi penurunan kualitas air hujan dengan menganalisis zat-zat yang terkandung. Parameter yang digunakan untuk penentuan kualitas air hujan adalah derajat keasaman, daya hantar, kalsium, magnesium, natrium, kalium, amonium, ion sulfat, ion nitrat, ion klorida, kesadahan total dan keasaman. Sumber data yang digunakan merupakan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) berjudul "Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2022". Dengan menggunakan metode Analisis Komponen Utama untuk mereduksi variabel faktor pengaruh kualitas air hujan pada 35 sampel kota/stasiun di Indonesia, diperoleh hasil yaitu faktor pengaruh kualitas air hujan dapat dibentuk menjadi tiga komponen utama dengan masing-masing berisi 10 variabel yang terdiri dari derajat keasaman, daya hantar, magnesium, natrium, kalium, ion klorida, ion sulfat, ion nitrat, kesadahan total dan keasaman yang mampu menjelaskan 73,695% dari variansi total. Berdasarkan plot komponen utama diperoleh tiga kelompok kota/stasiun yang memiliki kualitas air hujan yang mirip.

Kata Kunci: *Analisis Komponen Utama, kualitas air hujan, reduksi dimensi*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan zaman yang terus berkembang, kebutuhan manusia terhadap lingkungan pun semakin bertambah dan bervariasi. Kesadaran manusia terhadap pentingnya lingkungan dan kelestarian lingkungan kini semakin meningkat, sehingga menyebabkan topik tersebut menjadi isu populer di kalangan masyarakat. Salah satu isu lingkungan yang sedang menjadi fokus utama global dan termuat dalam tujuan ke-6 *Sustainable Development Goals* (SDGs), yaitu penjaminan pasokan dan manajemen berkelanjutan pada air serta sanitasi untuk semua orang. Penurunan cadangan air bersih di seluruh dunia menyebabkan *goals* tersebut memiliki urgensi yang tinggi untuk memastikan di setiap negara di dunia memiliki pasokan air minum, sanitasi, dan kebersihan yang layak.

Ada berbagai sumber air bersih yang dapat dimanfaatkan, yaitu mata air, air tanah, air permukaan, dan air hujan. Peran hujan melalui siklus hidrologi dalam ketersediaan air bersih di bumi merupakan peran yang sangat vital. Menurut Wayan dan Gunawan (2019), semua jenis cairan yang berasal dari atmosfer disebut presipitasi. Presipitasi merupakan reaksi yang terjadi antara asam dan basa, sehingga diperoleh hasil berupa padatan kristalin serta air (Purwasmita & Gultom, 2008). Di Indonesia, endapan yang dimaksudkan adalah curah hujan yang sering dijumpai. Hujan merupakan sebuah peristiwa butiran air dari langit jatuh ke permukaan bumi, sedangkan untuk siklus air di planet bumi dinamakan hujan. Secara alami, CO₂ atau karbondioksida yang ada di udara akan larut dalam air hujan dan membentuk senyawa asam, sehingga hujan akan memiliki pH kurang dari 6.

Peningkatan pembangunan dan perekonomian di Indonesia yang terus meningkat tentu berdampak pada perubahan kualitas udara. Industri dan transportasi yang mengonsumsi energi juga menghasilkan gas buangan yang memperburuk pencemaran udara. Emisi gas SO₂ dan NO₂ yang menyatu dengan udara dapat menyebabkan peristiwa deposisi asam. Kandungan asam pada udara jika terkena hujan dapat menyebabkan terjadinya hujan asam dan mencemari kandungan air.

Sebagai salah satu sumber kehidupan, pemanfaatan air untuk kebutuhan sehari-hari adalah hal yang mutlak adanya termasuk saat musim hujan. Air yang dibutuhkan adalah air bersih yang memenuhi kualifikasi air sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 tahun 1990 bahwa dalam pemanfaatan air bersih untuk keperluan sehari-hari perlu diperhatikan kualitasnya apakah telah mencapai minimum pada syarat kesehatan dan dapat dikonsumsi setelah diolah.

Kesulitan mendapatkan air bersih pada saat musim hujan berdampak pada timbulnya penyakit pasca hujan seperti diare, gastroenteritis, penyakit kulit, dan gatal-gatal. Untuk itu, konsep pengolahan

air bersih baik saat maupun pasca musim hujan diharapkan mampu mengurangi dampak negatif yang timbul, khususnya terkait masalah kesehatan.

Analisis kandungan air hujan sangat dibutuhkan untuk berbagai hal, salah satunya untuk pemanfaatan air hujan sebagai air bersih yang layak dikonsumsi masyarakat. Saat ini, beberapa daerah di Indonesia melakukan penampungan air hujan dengan tangki penampung fiber, seng, atau aluminium. Tangki penampung akan diletakkan di setiap rumah dan air hujan akan jatuh ke atap rumah lalu dialirkan dan ditampung di tangki penampung, selanjutnya air hujan baru dapat dikonsumsi untuk kebutuhan sehari-hari. Hal ini dikarenakan air tanah atau air sumur dangkal yang tidak layak untuk dikonsumsi karena airnya berwarna coklat.

Penelitian ini didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu. Publikasi berjudul *Water Quality Indices for Rainwater Quality Assessment in Bandung Urban Region* oleh Hasan, et al (2019) menyebutkan bahwa metode analisis data kualitas air hujan yang sering digunakan di Indonesia yaitu metode STORET (*Storage and Retrieval*). Metode tersebut digunakan untuk mengidentifikasi parameter yang melampaui baku mutu sesuai yang telah tercantum pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

Dengan metode STORET, status kualitas air digolongkan menjadi empat, yaitu *good condition*, *lightly polluted*, *moderately polluted*, dan *heavy polluted*. Dalam menentukan status kualitas air hujan, ada beberapa parameter yang dianalisis, yaitu pH, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, As, Cd, Cr, Pb, dan Zn di beberapa daerah di Bandung, yaitu Coblong, Sumut Bandung, dan Buah Batu. Dalam penelitian tersebut, Hasan et al. (2019) menyebutkan bahwa logam berat yang terkandung dalam air hujan di wilayah Bandung, berupa Pb dan Zn, dipengaruhi oleh emisi kendaraan bermotor dan imbas dari kepadatan penduduk di pusat kota.

Penelitian lain yang mempelajari kualitas air hujan juga dilakukan oleh Anuar, et al. (2015) dengan judul Analisis Kualitas Air Hujan Sebagai Sumber Air Minum Terhadap Kesehatan Masyarakat (Studi Kasus di Kecamatan Bangko Bagansiapiapi). Dengan analisis data komparatif, peneliti membandingkan data hasil penelitian dengan hasil laboratorium standar air bersih menurut Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010. Dalam penelitian tersebut, ada beberapa jenis parameter yang digunakan, yaitu parameter fisik, parameter kimiawi, parameter anorganik, dan parameter mikrobiologi.

Anuar et al. (2015) mengemukakan bahwa berdasarkan parameter fisik, parameter kimiawi, maupun parameter anorganik, air hujan sebagai sumber air minum di lokasi penelitian layak untuk dikonsumsi. Akan tetapi, pada hasil penelitian menurut parameter mikrobiologi yang diamati berdasarkan kadar *Escherichia coli* dan *Coliform*

dalam air memperlihatkan bahwa air hujan di lokasi penelitian menunjukkan nilai $< 1,8$ dari batas aman yang seharusnya 0 menurut Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010. Menurut Anuar, et al. (2015), besar kemungkinan beberapa penyakit yang diderita masyarakat sekitar, khususnya diare, terjadi karena kurangnya pola hidup bersih dan sehat khususnya terkait sanitasi dan sumber air bersih.

Pada dua penelitian sebelumnya, dapat diketahui bahwa parameter atau variabel yang diteliti dari faktor yang berpengaruh pada kualitas air hujan cukup banyak, sehingga dimensi yang dihasilkan berdasarkan data akan cukup rumit. Oleh karena itu, untuk menganalisis data agar lebih efisien maka dapat dilakukan pereduksian variabel. Agar keragaman data secara keseluruhan dapat dipertahankan secara maksimal setelah variabel direduksi, salah satu metode yang paling tepat yaitu metode Analisis Komponen Utama (AKU).

Menurut Johnson dan Wichern (2007) Analisis Komponen Utama merupakan salah satu metode untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan yang saling berkorelasi satu dengan yang lainnya menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan saling bebas. Metode Analisis Komponen Utama (AKU) sangat berguna jika digunakan pada data yang memiliki jumlah variabel yang cukup besar dan antar variabelnya memiliki korelasi. Hingga saat ini, metode Analisis Komponen Utama (AKU) masih terus digunakan dan dikembangkan untuk mereduksi variabel.

Beberapa penelitian yang menggunakan metode Analisis Komponen Utama adalah penelitian terkait analisis kualitas air untuk marikultur di Moro, Karimun, Kepulauan Riau karya Wiyoto Wiyoto dan Irzal Effendi (2021), analisis kebijakan pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai karya Waluyo Hatmoko, R. Wahyudi Triweko, Radhika dan Rendy Firmansyah (2018) dan karakteristik perairan mangrove Tanjung Api-api Sumatera Selatan berdasarkan sebaran parameter lingkungan perairan (2010).

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan pada penelitian-penelitian terdahulu, ada beberapa aspek yang dapat dikembangkan. Penelitian Hasan, et al. (2019) dan Anuar, et al. (2015) menunjukkan kesamaan berupa lingkup penelitian yang bersifat lokal atau regional, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk membandingkan analisis kualitas air hujan pada cakupan yang lebih luas, yaitu daerah-daerah kota/stasiun di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir. Dengan demikian, pada penelitian Reduksi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air Hujan dengan Metode Analisis Komponen Utama akan digunakan metode pereduksian dimensi dengan Analisis Komponen Utama untuk mengetahui persamaan komponen utama yang terbentuk dan mengandung variabel-variabel hasil reduksi untuk menjelaskan keragaman data secara optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Air Hujan.

Salah satu sumber air bersih terbaru yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai proses berkelanjutan yang dapat dikembangkan adalah air hujan. Pada hakikatnya, air hujan tidak sepenuhnya tersusun dari H_2O saja, namun juga terdapat berbagai aspek lingkungan yang dapat berpengaruh pada kualitas air hujan. Aspek lingkungan yang berpengaruh terhadap kualitas air hujan diantaranya, seperti polusi udara yang seringkali terjadi di daerah perkotaan berupa emisi dari kendaraan bermotor dan juga buangan gas dari pabrik. Di daerah perkotaan, air hujan yang turun cenderung mengandung kadar CO_2 yang lebih tinggi (Sudarmadji, 2016).

Menurut Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001, ada beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas air, yaitu derajat keasaman (pH), ion sulfat (SO_4^{2-}), ion nitrat (NO_3^-), ion klorida (Cl^-), dan lain-lain. Selain dari aspek kimia, menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, persyaratan air yang dapat dimanfaatkan secara aman oleh masyarakat juga dilihat dari aspek fisika, seperti tidak berbau, mengandung jumlah zat padat terlarut yang berada di zona aman, tingkat kekeruhan yang berada di bawah batas maksimum, tidak berasa, warnanya di bawah ambang maksimum, serta suhunya sesuai.

2.2 Derajat Keasaman Air Hujan.

Suatu proses penguapan yang kemudian mengalami proses kondensasi yang akhirnya turun ke permukaan bumi seringkali dikenal dengan sebutan air hujan. Sebelum turun ke permukaan bumi, air hujan juga mengalami proses pencampuran dengan molekul debu dan gas rumah kaca dari atmosfer yang diakibatkan oleh aktivitas alam serta aktivitas manusia. Selain itu, air hujan yang turun ke permukaan bumi adalah hasil dari proses penguapan yang membawa senyawa dan zat-zat dari lautan, karena telah diketahui bahwa penguapan terbesar terjadi di lautan dibandingkan di daratan. Hujan yang jatuh ke permukaan bumi akibat proses pencampuran antara air hujan dengan gas rumah kaca dan molekul debu akan memiliki derajat keasaman (pH) yang rendah bahkan sangat rendah yaitu $< 5,6$ (Alfiandy, et al., 2021).

Chromatograph merupakan alat untuk menganalisis sampel air hujan yang dilakukan di laboratorium kualitas udara BMKG. Berdasarkan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG, 2022) peninjauan kadar keasaman air hujan (pH) di Indonesia dilakukan di 52 stasiun. Untuk meninjau kadar air hujan di Indonesia, diambil sampel dengan menggunakan cara *Wet Deposition* dan *Wet & Dry Deposition* menggunakan alat yang bernama *Automatic Rain Water Sampler* (ARWS). Derajat keasaman (pH) air hujan > 7 dikatakan pH basa, selanjutnya pH 6,1 – 7 dinyatakan bahwa

kualitas air hujan yang ditinjau sangat baik dan cenderung netral seperti air permukaan, untuk pH 5,6 – 6 dinyatakan bahwa kualitas air hujan yang ditinjau ideal, kemudian jika pH 4,1 – 5,5 dinyatakan bahwa kualitas air hujan yang ditinjau sebagai hujan asam, jika pH 3 – 4 dinyatakan sebagai hujan asam (tinggi) dan jika pH air hujan <3 dinyatakan sebagai hujan asam (ekstrem).

2.3 Kesadahan Total.

Kesadahan air merupakan suatu ketersediaan antara kandungan mineral dalam air yang pada umumnya terdiri dari magnesium (Mg) dan ion kalsium (Ca^{2+}) yang terkandung dalam garam karbonat. Selain itu, penyebab kesadahan bisa juga berasal dari ion-ion logam, sulfat, dan garam bikarbonat. Kesadahan air total dinyatakan dengan berat per volume dari kalsium karbonat (CaCO_3). Kesadahan air terbagi menjadi dua jenis berdasarkan sifatnya, yaitu air sadah sementara serta air sadah tetap. Air sadah sementara dapat dihilangkan melalui proses pemanasan serta mengandung ion bikarbonat. Di sisi lain, kandungan anion dalam air sadah tetap adalah anion selain bikarbonat, seperti ion klorida, ion nitrat, dan ion sulfat. Proses penghilangan kesadahan dalam air sadah tetap hanya dapat dilakukan dengan melakukan reaksi kimia dengan larutan karbonat.

Proses terjadinya air sadah berkaitan erat dengan siklus hidrologi atau siklus air yang salah satu outputnya berupa air hujan. Ketika air hujan mengalir di lapisan tanah bagian atas, terjadi aktivitas mikroba di dalam air yang akan menghasilkan gas karbondioksida. Reaksi air dan karbondioksida selanjutnya akan membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Selanjutnya, asam bikarbonat akan bereaksi dengan batu kapur atau gamping dan membentuk senyawa-senyawa dengan ion bikarbonat (Cahyana, 2008). Air hujan pada umumnya memiliki karakteristik di antaranya, yaitu memiliki pH rendah antara 3,0-6,0 dengan kandungan organik yang tinggi (>10), kesadahan rendah, mineral rendah, serta Fe tinggi (>0,3).

2.4 Daya Hantar Air Hujan.

Daya hantar listrik didefinisikan sebagai suatu keterangan dari sifat konduktivitas air. Air hujan yang turun kepermukaan bumi merupakan hasil dari proses penguapan dari senyawa serta zat-zat yang dibawa dari lautan. Jika semakin banyak garam terlarut yang terionisasi, maka dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan pada daya hantar listrik. Pengukuran daya hantar listrik digunakan untuk memprediksi mineral yang terkandung dalam air dan juga menaksir kemampuan ion-ion pada air yang dapat menghantarkan listrik. Pada air tanah yang dangkal, diperoleh daya hantar listrik 30–2000 $\mu\text{mbos/cm}$ (Indriastoni, 2014).

2.5 Analisis Komponen Utama.

Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis*) atau yang seringkali disebut dengan AKU adalah salah satu teknik sampling yang diterapkan pada sekumpulan data tanpa ada pengelompokan ataupun partisi variabel, tidak dibedakan atas variabel bebas maupun terikatnya. Komponen utama pertama didefinisikan sebagai suatu kombinasi linear dari variabel-variabel dengan variansi maksimum, dengan artian mencari sebuah dimensi (variabel baru) yang dapat mewakili secara maksimum variabel asal. Sedangkan kombinasi linear dari variabel asal dengan variansi maksimum ke 2 yang tegak lurus dengan variabel baru pertama dari variabel asal disebut komponen utama kedua. Demikian seterusnya untuk komponen utama ketiga, keempat dan seterusnya.

Analisis komponen utama seringkali digunakan untuk :

- 1) Mengidentifikasi data bivariabel ganda yang didasari oleh variabel baru.
- 2) Mempertahankan keragaman dalam himpunan data yang diolah sebanyak mungkin untuk mengurangi dimensi himpunan variabel yang terdiri dari variabel yang saling berkorelasi dalam jumlah banyak.
- 3) Mengeliminasi variabel-variabel yang bernilai relatif kecil dari nilai alpha.

Secara garis besar, untuk mereduksi dan menginterpretasi variabel pada suatu data dapat dilakukan dengan menggunakan komponen utama. Analisis komponen utama berfungsi untuk mendeskripsikan struktur matriks variansi-kovariansi dari suatu variabel melalui kombinasi linier variabel yang digunakan. Adapun untuk model matematika dari AKU menurut Hikmawaty et al. (2014) adalah sebagai berikut.

$$\underline{Y} = A\underline{X}, \quad \underline{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_p \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1p} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & \cdots & a_{pp} \end{bmatrix} \text{ dan } \underline{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}$$

$$y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1p}x_p$$

$$= a_{11} \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ \vdots \\ x_{1n} \end{bmatrix} + a_{12} \begin{bmatrix} x_{21} \\ x_{22} \\ \vdots \\ x_{2n} \end{bmatrix} + \cdots + a_{1p} \begin{bmatrix} x_{p1} \\ x_{p2} \\ \vdots \\ x_{pn} \end{bmatrix}$$

Keterangan :

y_i : komponen utama ke-i
 x_i : variabel ke-i
 a_{ij} : vektor eigen ke-j untuk komponen utama ke-i

dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $j = 1, 2, \dots, n$

Dalam Analisis Komponen Utama (AKU), akan dipilih k buah komponen utama yang telah mencakup keragaman data yang cukup tinggi dari p buah komponen utama. Apabila k buah komponen utama telah menerangkan lebih dari 75% keragaman data,

maka komponen-komponen utama tersebut dapat menggantikan p buah variabel (Rumus Statistik, 2021). Persen keragaman yang dapat dijelaskan oleh k komponen utama adalah :

$$\frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{i=1}^r \lambda_i} \cdot 100\% ; k \leq r$$

2.6 Pengujian Bartlett Test & KMO.

Mengonstruksi matriks korelasi digunakan untuk memperoleh nilai kedekatan hubungan antar variabel penelitian merupakan suatu langkah awal sebelum proses analisis komponen utama. Pada proses pengujian untuk menaksir kesesuaian dengan nilai korelasi yang diperoleh dari analisis komponen utama dapat menggunakan nilai kedekatan yang diperoleh dari matriks korelasi yang sudah dikonstruksi.

a) Uji Bartlett

Untuk menguji matriks korelasi yang dihasilkan berupa matriks identitas atau bukan, dapat dilakukan dengan Uji Bartlett. Uji tersebut digunakan apabila sebagian besar koefisien korelasinya kurang dari 0,5.

Hipotesis :

H_0 : matriks korelasi merupakan matriks identitas

H_1 : matriks korelasi bukan matriks identitas

Statistik uji :

$$\chi^2_{obs} = - \left[(N-1) - \frac{(2p+5)}{6} \right] \ln|R|$$

Keterangan :

N = jumlah observasi

p = jumlah variabel

$|R|$ = determinan matriks korelasi

Keputusan:

H_0 : diterima jika $\chi^2_{obs} < \chi^2_{\sigma.p(p-1)/2}$

H_0 : ditolak jika $\chi^2_{obs} \geq \chi^2_{\sigma.p(p-1)/2}$

Dalam sampel yang diuji menggunakan *Bartlett test of sphericity*, tujuan pengujian tersebut adalah untuk melihat kelayakan data penelitian berdasarkan nilai Kaiser Meyer Olkin (KMO) dan *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) pada korelasi variabel yang diujikan.

b) Uji Kaiser Meyer Olkin (KMO)

Untuk menguji kelayakan data observasi agar dapat dianalisis dengan analisis komponen utama digunakan Uji Kaiser Meyer Olkin (KMO). Pada uji Kaiser Meyer Olkin (KMO), nilai statistik yang diperoleh untuk mengukur kecukupan sampling diperoleh dari rumus sebagai berikut.

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij}^2}, i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, p$$

Keterangan :

r_{ij} = koefisien korelasi sederhana antara variabel ke-i dan ke-j

a_{ij} = koefisien korelasi parsial antara variabel ke-i dan ke-j

Penggunaan analisis komponen utama atau analisis faktor yang terindikasi oleh nilai KMO yang relatif kecil harus dipertimbangkan kembali, karena korelasi tidak dapat dijelaskan antara variabel satu dengan variabel yang lain. Nilai KMO akan mendekati 1 apabila koefisien korelasi lebih besar daripada koefisien korelasi parsial. Adapun kriteria keputusannya tercantum dalam Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Interpretasi Nilai KMO

Nilai KMO	Interpretasi (Analisis Faktor)
0,90 - 1,00	Data sangat baik
0,80 - 0,90	Data baik
0,70 - 0,80	Data agak cukup
0,60 - 0,70	Data lebih dari cukup
0,05 - 0,60	Data cukup
0,00 - 0,50	Data tidak layak

Sumber: Kaiser (1960)

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, data yang digunakan merupakan data sekunder. Sumber data penelitian ini diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik dengan judul STATISTIK LINGKUNGAN HIDUP INDONESIA 2022. Data yang digunakan sebagai bahan analisis dalam penelitian ini adalah data air hujan dengan 12 variabel yang masing-masing terdiri dari nilai minimum dan maksimum, sehingga data yang dianalisis mewakili range masing-masing variabel. Variabel tersebut terdiri dari parameter Derajat Keasaman, Daya Hantar, Kalsium, Magnesium, Natrium, Kalium, Amonium, Klorida, Sulfat, Nitrat, Kesadahan Total, Keasaman di beberapa kota di Indonesia tahun 2021.

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan dalam analisis AKU yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian nilai Bartlett's Test untuk mengetahui korelasi antar variabel.
2. Pengujian nilai Keiser-Meyer-Olkin (KMO) untuk mengetahui kecukupan sampel penelitian secara keseluruhan.
3. Pengujian kecukupan sampel pada setiap variabel dengan melihat nilai matriks *anti-image correlation*.
4. Perbaikan model dengan mengeliminasi variabel satu per satu jika ada variabel yang tidak memenuhi nilai MSA.
5. Analisis Komponen Utama (AKU).

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Statistika Deskriptif

Dengan menggunakan data pada publikasi Badan Pusat Statistik dengan judul STATISTIK LINGKUNGAN HIDUP INDONESIA 2022, dilakukan uji statistik deskriptif yang menghasilkan output pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Statistika Deskriptif

	Rata-Rata	Simpangan Baku
derajat_keasaman	1,12114	0,350065
daya_hantar	36,80571	26,451965
Kalsium	1,91457	2,041446
Magnesium	0,52694	0,766317
Natrium	1,98966	2,552262
Kalium	0,74317	0,941455
Ammonium	1,02311	0,966116
Klorida	3,19114	4,029332
Sulfat	3,26583	3,704514
Nitrat	3,47571	4,545887
Kesadahan_total	2,39149	2,579451
Keasaman	88,09714	53,246753

Berdasarkan statistika deskriptif pada masing-masing variabel yang tertera di Tabel 2, dari 35 kota/stasiun di Indonesia dapat diketahui bahwa rata-rata maksimum ada pada variabel keasaman dengan rata-rata tiap kota/stasiun memiliki keasaman air hujan 88,09714 mg/liter. Selain itu, rata-rata tertinggi kedua ada pada variabel daya hantar air hujan dengan rata-rata sebesar 36,80571 mho.

4.2. Pengujian Nilai Bartlett's Test & KMO

Selanjutnya dilakukan pengujian Bartlett dan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) sebagai uji kelayakan variabel-variabel dalam data penelitian ini untuk dianalisis lebih lanjut. Hipotesis alternatif untuk pengujian ini, yaitu variabel sudah mencukupi batas minimum untuk dilakukan analisis lanjut.

Tabel 3. Nilai Bartlett's Test dan KMO untuk Model Awal

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0,567
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	437,019
	df	66
	Sig.	0,000

Hasil perhitungan dengan bantuan *software* pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai Bartlett's Test of Sphericity yaitu sebesar 437,019 dengan tingkat signifikansi 0,000. Dengan p-value tersebut, maka untuk tingkat signifikansi alpha 0,05 (5%) diperoleh keputusan untuk menerima hipotesis alternatif, sehingga variabel-variabel pada data analisis air hujan pada beberapa kota/stasiun di Indonesia tahun 2021 telah memenuhi persyaratan untuk dianalisis lebih lanjut. Selain itu, pada Tabel 3 juga diperoleh nilai MSA (Measure of Sampling Adequacy) yaitu sebesar 0,567. Nilai MSA tersebut sudah lebih dari batas minimum MSA, yaitu 0,5, sehingga kumpulan variabel pada data penelitian dapat dianalisis dengan uji MSA untuk mengeliminasi variabel-variabel yang tidak layak untuk dianalisis lanjutan.

Tabel 4. Rekap Nilai MSA Variabel pada Model Awal

Variabel	Nilai MSA
derajat_keasaman	0,640
daya_hantar	0,740
Kalsium	0,464

Magnesium	0,490
Natrium	0,677
Kalium	0,622
Amonium	0,419
Klorida	0,645
Sulfat	0,568
Nitrat	0,469
kesadahan_total	0,522
Keasaman	0,626

Tabel 4 adalah hasil analisis tahap awal untuk mengetahui nilai MSA dari tiap variabel. Dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa beberapa variabel yang memiliki nilai MSA kurang dari 0,50, yaitu variabel kalsium, magnesium, amonium, dan nitrat dengan nilai MSA terendah yaitu 0,419. Hasil MSA untuk keempat variabel tersebut menunjukkan bahwa keempatnya memiliki korelasi yang tidak mencukupi terhadap variabel lain.

4.3. Perbaikan Model

Perbaikan model sebelum menganalisis komponen utama dilakukan dengan mengeliminasi satu per satu variabel yang memiliki nilai MSA kurang dari 0,5. Proses eliminasi dimulai dari variabel dengan nilai MSA terendah, yaitu ammonium sehingga jumlah variabel menjadi 11. Berdasarkan matriks anti-image pada eliminasi pertama, diperoleh bahwa nilai MSA untuk variabel kalsium, magnesium, dan sulfat masih kurang dari 0,5. Selanjutnya, akan dilakukan proses eliminasi tahap kedua dengan mengeluarkan variabel kalsium sehingga jumlah variabel menjadi 10. Berdasarkan proses eliminasi kedua, keseluruhan variabel pada Tabel 5 telah memenuhi syarat minimum nilai MSA yaitu lebih dari 0,5.

Berdasarkan Tabel 6, ditunjukkan bahwa model perbaikan dengan 10 variabel tersebut diperoleh nilai KMO yang mencukupi yaitu sebesar 68,9% dengan nilai uji Bartlett diperoleh nilai sebesar 197,104 dan nilai signifikansi 0,000. Dengan tingkat signifikansi alpha 5% dan hipotesis alternatif yaitu variabel sudah memadai untuk dilakukan analisis lanjut, maka keputusannya adalah menolak hipotesis null sehingga dapat disimpulkan bahwa 10 variabel pada data hasil analisis air hujan sudah memadai untuk dilakukan analisis lanjut.

Tabel 5. Rekap Nilai MSA Variabel pada Model Perbaikan

Variabel	Nilai MSA
derajat_keasaman	0,575
daya_hantar	0,742
Magnesium	0,650
Natrium	0,649
Kalium	0,656
Klorida	0,612
Sulfat	0,526
Nitrat	0,561
kesadahan_total	0,650
Keasaman	0,630

Tabel 6. Rekap Nilai MSA Variabel pada Model Perbaikan

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0,639
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	197,104
	Df	45
	Sig.	0,000

4.4. Analisis Komponen Utama

Proses analisis komponen utama (AKU) dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap beberapa parameter terkait, seperti nilai komunalitas dari masing-masing variabel, proporsi kumulatif variansi dari tiap komponen, serta nilai loading faktor rotasi (Ilmaniati & Putro, 2019). Pada penelitian ini, nilai komunalitas dari variabel derajat keasaman hingga keasaman memiliki nilai yang bervariasi dengan seluruh variabel memiliki nilai komunalitas di atas 0,5. Hal tersebut dapat ditafsirkan bahwa setiap komponen yang terbentuk akan mampu menjelaskan variabel-variabel dengan variansi di atas 50%.

Tabel 7. Nilai Komunalitas Variabel

	Initial	Extraction
derajat_keasaman	1,000	0,732
daya_hantar	1,000	0,847
Magnesium	1,000	0,818
Natrium	1,000	0,854
Kalium	1,000	0,742
Klorida	1,000	0,848
Sulfat	1,000	0,531
Nitrat	1,000	0,725
kesadahan_total	1,000	0,764
Keasaman	1,000	0,508
Extraction Method: Principal Component Analysis		

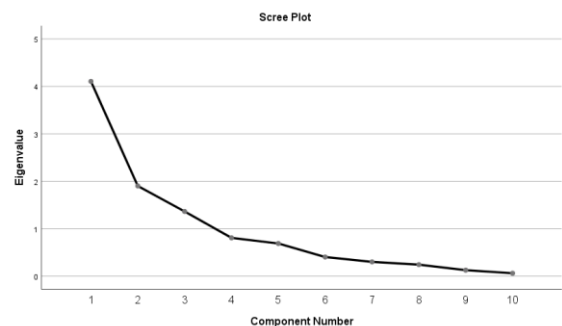
Tabel 7 menyajikan nilai komunalitas untuk tiap variabel. Variabel dengan nilai komunalitas tertinggi adalah natrium yaitu sebesar 85,4%. Di sisi lain, variabel dengan nilai komunalitas terendah ada pada variabel keasaman yaitu sebesar 50,8%.

Pengujian total variansi dilakukan untuk menganalisis nilai eigen masing-masing komponen utama yang terbentuk serta menggambarkan sepuluh variabel yang akan dianalisis. Berdasarkan nilai eigen yang lebih dari 1, maka komponen baru yang dapat terbentuk pada penelitian ini adalah tiga komponen dengan total variansi yang dapat dijelaskan yaitu sebesar 73,695%. Menurut Humam (2022), banyaknya komponen utama yang diambil adalah komponen utama yang secara akumulatif mencakup setidaknya 80% variansi data secara keseluruhan. Akan tetapi, pada penelitian ini hanya akan diambil tiga komponen utama meskipun belum mencapai 80% karena peneliti merasa persentase lebih dari 70% sudah cukup untuk mewakili variansi data secara keseluruhan.

Pada tulisannya, Humam (2022) juga menjelaskan bahwa untuk memudahkan dalam penentuan banyak komponen utama dapat dilakukan dengan visualisasi scree plot. Scree plot merupakan plot antara masing-masing komponen utama ke-k yang terbentuk dengan nilai eigen masing-masing. Pada scree plot, penentuan banyak komponen utama yang diambil yaitu dengan melihat titik yang menurun tajam pada sisi kiri (titik sebelumnya) dan menurun landai pada sisi kanan (titik setelahnya). Berikut adalah data hasil ekstraksi komponen utama berdasarkan eigenvalue dan scree plot hasil bentukan komponen sebagaimana pada Tabel 8 dan Gambar 1.

Tabel 8. Hasil Ekstraksi Komponen Baru

Component	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,105	41,053	41,053
2	1,901	19,007	60,060
3	1,363	13,635	73,695
4	0,808	8,076	81,771
5	0,689	6,885	88,656
6	0,403	4,031	92,687
7	0,301	3,008	95,695
8	0,243	2,429	98,124
9	0,126	1,261	99,385
10	0,061	0,615	100,000



Gambar 1. Diagram Scree Plot Pembentukan Komponen

Tahapan selanjutnya dalam analisis komponen utama adalah identifikasi loading factor pada masing-masing komponen baru yang telah terbentuk. Proses identifikasi loading factor dilakukan dengan merujuk pada matriks komponen yang telah dirotasi. Rotasi matriks pada analisis penelitian ini dilakukan dengan metode VARIMAX, yaitu rotasi orthogonal untuk menyederhanakan kolom pada matriks komponen. Berdasarkan nilai-nilai pada matriks komponen setelah dirotasi, dapat dilihat bahwa masing-masing variabel telah memiliki nilai loadings yang lebih dari 0,5 pada komponen utamanya. Berikut adalah matriks komponen yang telah dirotasi untuk data penelitian

analisis air hujan di beberapa kota di Indonesia tahun 2021.

Tabel 9. Matriks Komponen yang Dirotasi

Variabel	PC1	PC2	PC3
derajat_keasaman	0,177	0,300	-0,563
daya_hantar	0,417	0,263	0,011
Magnesium	0,396	-0,222	-0,244
Natrium	0,413	-0,282	0,024
Kalium	0,267	-0,148	0,547
klorida	0,414	-0,183	0,243
sulfat	0,213	0,420	-0,086
nitrat	0,193	0,460	0,354
kesadahan_total	0,368	-0,163	-0,340
keasaman	0,079	0,492	0,126

Berdasarkan Tabel 9, diperoleh tiga persamaan komponen utama sebagai berikut.

$$PC1 = 0,177 * \text{derajat keasaman} + 0,417 * \text{daya hantar} + 0,396 * \text{magnesium} + 0,413 * \text{natrium} + 0,267 * \text{kalium} + 0,414 * \text{klorida} + 0,213 * \text{sulfat} + 0,193 * \text{nitrat} + 0,368 * \text{kesadahan total} + 0,079 * \text{keasaman}$$

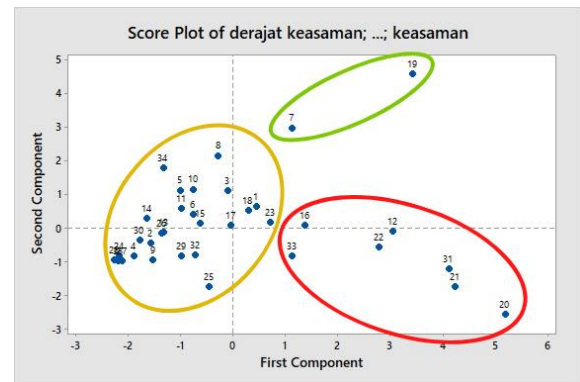
$$PC2 = 0,3 * \text{derajat keasaman} + 0,263 * \text{daya hantar} - 0,222 * \text{magnesium} - 0,282 * \text{natrium} - 0,148 * \text{kalium} - 0,183 * \text{klorida} + 0,42 * \text{sulfat} + 0,46 * \text{nitrat} - 0,163 * \text{kesadahan total} + 0,492 * \text{keasaman}$$

$$PC3 = -0,563 * \text{derajat keasaman} + 0,011 * \text{daya hantar} - 0,244 * \text{magnesium} + 0,024 * \text{natrium} + 0,547 * \text{kalium} + 0,243 * \text{klorida} - 0,086 * \text{sulfat} + 0,354 * \text{nitrat} - 0,34 * \text{kesadahan total} + 0,126 * \text{keasaman}$$

4.5. Interpretasi Hasil Analisis

Dengan menggunakan bantuan *software*, hasil analisis komponen utama dapat digunakan untuk melihat kemiripan kualitas air hujan di berbagai kota/stasiun di Indonesia. Dalam rangka memvisualisasikan nilai masing-masing objek penelitian pada tiap persamaan komponen utama secara efisien, maka hanya digunakan persamaan komponen pertama dan kedua (*first component and second component*). Hal ini disebabkan karena persentase keragaman variansi total dengan

penambahan komponen utama ketiga (*third component*) tidak terlalu berubah secara signifikan. Berikut adalah plot dari dua komponen utama pertama berdasarkan data penelitian.



Gambar 2. Diagram *Score Plot* Dua Komponen Utama Pertama Dan Pengelompokannya

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa pada data analisis kualitas air hujan ini dapat diperoleh tiga kelompok berdasarkan kedekatan kualitas air hujan berdasarkan variabel-variabel terkait. Kelompok 1 yang ditandai dengan lingkaran oranye terdiri dari 26 kota/stasiun, yaitu Aceh Besar/Indrapuri, Medan/Sampali, Medan/Bawil-1, Agam/Kotatabang, Padang Pariaman/Sici, Pekanbaru/Sampang T, Palembang/Kenten, Bengkulu/Pulau Bai, Lampung/Branti, Jakarta/Kemayoran, Bogor/Cibeurem, Bogor/Dramaga, Semarang/Semarang, Surabaya/Juanda, Malang/Karang Ploso, Lombok Barat/Kediri, Pontianak/Siantan, Pontianak/Supadio, Palangkaraya/Tjilik, Banjarmasin/Banjar B, Samarinda/Temindung, Manado/Sam Ratulangi, Manado/Winangun, Maros/Maros, Gorontalo/Jalaludin, Jayapura/Angkasa Pura.

Kelompok 2 disimbolkan dengan lingkaran berwarna hijau yang terdiri dari dua daerah observasi, yaitu Jambi/Sultan Thaha dan Tangerang/Tangerang. Kelompok terakhir yang dilambangkan dengan lingkaran berwarna merah terdiri dari Bandung/Bandung, Yogyakarta/Yogyakarta, Denpasar/Ngurah Rai, Jember/Negara, Mataram/Selaparang, Manado/Kayuatu, dan Bau-Bau/Betoambari.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap analisis air hujan di beberapa kota/stasiun di Indonesia tahun 2021, diperoleh hasil bahwa dari 12 variabel awal dapat dibentuk tiga komponen utama dengan masing-masing berisi 10 variabel yang mampu menjelaskan 73,695% dari variansi total. Hasil tersebut digunakan untuk melakukan visualisasi kedekatan kualitas air hujan antar daerah observasi yang menghasilkan tiga kelompok.

Dalam pemanfaatan air hujan perlu diperhatikan karakteristik wilayah, seperti kondisi musim dan khususnya tingkat pencemaran udara di daerah tersebut. Untuk daerah dengan kualitas udara rendah,

pemanfaatan air hujan pada kebutuhan sehari-hari perlu diwaspadai karena dikhawatirkan akan menimbulkan dampak negatif. Selain itu, diperlukan edukasi untuk meningkatkan wawasan masyarakat terkait kualitas air yang layak untuk dimanfaatkan pada kehidupan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfandy, S., et al. 2021. Analisis Kimia dan Kualitas Air Hujan di Kota Palu Sebagai Penyebab Terjadinya Hujan Asam, *Jurnal Riset Kimia*, 12(1):10-18.
- Anuar, K., Ahmad, A., & Sukendi, S. (2015). Analisis Kualitas Air Hujan Sebagai Sumber Air Minum Terhadap Kesehatan Masyarakat (Studi Kasus di Kecamatan Bangko Bagansiapiapi). *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 2(1): 32-39.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2022. Informasi Kimia Air Hujan. Kualitas Air Hujan. [https://www.bmkg.go.id/kualitas-udara/informasi-kimia-air-hujan.bmkg#:~:text=Keterangan%20pH%20Air%20Hujan%3A&text=6.1%20%2D%207%20%3A%20Air%20hujan%20sangan,4%20%3A%20Hujan%20asam%20\(tinggi](https://www.bmkg.go.id/kualitas-udara/informasi-kimia-air-hujan.bmkg#:~:text=Keterangan%20pH%20Air%20Hujan%3A&text=6.1%20%2D%207%20%3A%20Air%20hujan%20sangan,4%20%3A%20Hujan%20asam%20(tinggi) (Diakses 28 November, 2022).
- Hatmoko, W., Triweko, R. W., dan Radhika, R. F. 2018. ANALISIS KEBIJAKAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR PADA WILAYAH SUNGAI DENGAN ANALISIS KOMPONEN UTAMA ANALYSIS OF WATER RESOURCES MANAGEMENT POLICY IN THE RIVER BASINS USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS.
- Hikmawaty, Gunawan, A., Noor, R., & Jakaria. 2014. Identifikasi Ukuran Tubuh dan Bentuk Tubuh Sapi di Bali di Beberapa Pusat Pembibitan Melalui Pendekatan Analisis Komponen Utama. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 2(1):231-237.
- Humam, N. 2022. Principal Component Analysis. R Pubs by RStudio. <https://rpubs.com/nadhifanhf/principal-component-analysis> (Diakses 7 Desember, 2022).
- Indriastoni, R. N. 2014. Intrusi Air Laut Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal di Kota Surabaya, *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3/rekat/14).
- Johnson, R. A. dan Wichern, D. W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 6th Edition. Upper Saddle River, New Jersey : Pearson Prentice Hall.
- Kaiser, H. F. 1960. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis, *Educational and Psychological Measurement*, 20(1):141-151.
- Purwasasmita, B. S. dan Giltom, R. S. 2008. Sintesis Dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub-Mikron Menggunakan Presipitasi, *Jurnal Bionatura*, 10(2):155-167.
- Rumus Statistik. 2021. Analisis Komponen Utama (Principal Component Analysis). Analisis Multivariat. <https://www.rumusstatistik.com/2015/03/analisis-komponen-utama-principal.html> (Diakses 25 Desember 2022).
- Santo, S. 2002. *SPSS Statistik Multivariat*. Jakarta: Electronic Media Komputindo.
- Sudarmadji, S. 2016. Kualitas Air Hujan Dan Faktor Lingkungan yang Mempengaruhinya, In *Forum Geografi*, 8(1):55-63.
- Triastianti, R. D. dan Hazilmi, R. 2018. Perbaikan Kualitas Air Hujan Sebagai Air Bersih Dengan Netode Mineralisasi Dan Desinfeksi, *Jurnal Rekasaya Lingkungan*, 18(2).
- Ulqodry, T.Z., Bengen, D.G., dan Kaswadji, R.F. 2010. Karakteristik Perairan mangrove Tanjung Api-api Sumatera Selatan Berdasarkan Sebaran Parameter Lingkungan Perairan dengan Menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA). *Maspari Journal: Marine Science Research*, 1(1), 16-21.
- Wayan, I. dan Gunawan, A. 2019. Pengaruh Iklim, Sinar Matahari, Hujan Dan Kelembaban Pada Bangunan. *Seminar Nasional Arsitektur, Budaya, dan Lingkungan Binaan (SEMARAYANA)*, 147-156. <https://eproceeding.undwi.ac.id/index.php/semarayana/article/view/24> (Diakses 1 Desember, 2022).
- Wiyoto, W., dan Effendi, I. 2021. Analisis Kualitas Air Untuk Marikultur di Moro, Karimun, Kepulauan Riau Dengan Analisis Komponen Utama. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 9, 143-154.