

ANALISIS PERBEDAAN POLUSI UDARA ANTAR KOTA DI BANGLADESH DENGAN UJI MANOVA

Alvino Hadiyan Pradipta, Muhammad Rafli Feandika Nugroho,
Maretta Fairuz Luthfia Winoto Putri, Muhammad Nasrudin, Trimono

Sains Data, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Indonesia

23083010090@student.upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Polusi udara menjadi masalah lingkungan yang serius di Bangladesh dengan konsentrasi polutan seperti PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂ dan NO₂ yang terus meningkat dan berdampak pada kesehatan. Permasalahan ini mendorong perlunya analisis untuk memahami perbedaan tingkat polusi udara di berbagai kota di Bangladesh. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan konsentrasi polutan antar kota menggunakan metode *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA). Data yang digunakan diperoleh dari World Health Organization (WHO) yang mencakup pengukuran polusi udara dari tahun 2010 hingga 2019 di kota seperti Dhaka, Chittagong, Khulna, Rajshahi, dan Barisal. Uji asumsi yang dilakukan seperti Uji Mardia, Uji Bartlett, dan Uji Box's M. Hasil penelitian menunjukkan semua uji asumsi yang dilakukan sudah terpenuhi yaitu data mengikuti distribusi normal multivariat dan matriks kovarians antar kelompok tidak independen serta dianggap homogen. Selain itu, didapatkan pula hasil pengujian MANOVA dengan empat pengujian yaitu Uji Wilk's Lambda yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok dalam variabel dependen secara simultan, Uji Pillai's Trace yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar kelompok signifikan, Uji Hotelling's Trace yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antar kelompok dalam model yang diuji, dan Uji Roy's Largest Root yang menunjukkan bahwa variabel bebas yang digunakan dalam analisis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen secara bersama-sama. Seluruh hasil analisis ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam konsentrasi polutan di berbagai kota yang dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi pengendalian polusi udara yang lebih efektif.

Kata kunci : Polusi Udara, MANOVA, PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, Bangladesh

1. PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin mendapat perhatian di seluruh dunia. Peningkatan konsentrasi polutan di udara, seperti PM_{2.5}, PM₁₀, dan NO₂, memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap kesehatan manusia serta keseimbangan ekosistem. Menurut beberapa penelitian, paparan jangka panjang terhadap polutan udara dapat meningkatkan risiko penyakit pernapasan, kardiovaskular, dan berbagai komplikasi kesehatan lainnya. Oleh karena itu, pemantauan dan analisis kualitas udara menjadi komponen penting dalam mengembangkan strategi yang efektif.

Bangladesh merupakan salah satu negara di Asia Selatan yang berpenduduk padat, sedang menghadapi ancaman polusi udara. [1] Kota-kota besar seperti Dhaka, Chittagong, dan Khulna sering mengalami kualitas udara yang buruk akibat emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri, serta faktor geografis yang memperburuk akumulasi polutan. Semakin memburuknya kasus polusi udara di Bangladesh tentunya dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan lingkungan dan masyarakat. Meskipun pemerintah Bangladesh telah berupaya menangani kasus polusi udara, namun hingga kini Bangladesh tetap menempati posisi sebagai negara dengan polusi udara terburuk di dunia. [1]

Karena kondisi lingkungan, kepadatan penduduk, dan sumber polusi yang berbeda di berbagai

kota, analisis perbedaan polusi udara sangat penting dilakukan. Seiring dengan kemajuan teknologi dalam pengolahan data, analisis polusi udara dapat dilakukan menggunakan metode statistika multivariat. Untuk memahami tren polusi, pola perbedaan wilayah, dan faktor lain yang mempengaruhi tingkat polutan yang berbeda, data kualitas udara dikumpulkan dari berbagai kota di Bangladesh lalu dieksplorasi lebih lanjut.

Dalam penelitian ini, digunakan metode *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) untuk menganalisis perbedaan polusi udara antar kota di Bangladesh. Alasan utama penggunaan metode MANOVA adalah karena metode ini mampu secara simultan menguji perbedaan lebih dari satu variabel dependen sekaligus, sehingga sangat cocok digunakan pada kasus analisis polusi udara yang melibatkan berbagai jenis polutan secara bersamaan. Selain itu, MANOVA juga memungkinkan peneliti untuk mengetahui interaksi antar variabel dependen serta mampu mengontrol tingkat kesalahan tipe I yang mungkin terjadi jika analisis dilakukan secara terpisah untuk tiap variabel.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas metode MANOVA dalam menganalisis kualitas udara. Misalnya, penelitian oleh Alam et al. (2020) menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan dalam konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ antar wilayah perkotaan dan pedesaan di Bangladesh [2]. Demikian

pula, penelitian oleh Rahman et al. (2021) menggunakan MANOVA untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan tingkat polutan seperti NO₂ dan SO₂ di berbagai wilayah metropolitan di Bangladesh, yang menunjukkan relevansi metode ini dalam kajian kualitas udara [3].

Dengan pemahaman data yang lebih baik melalui penggunaan MANOVA, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengambil keputusan yang lebih akurat dalam pengendalian polusi udara di tingkat regional, serta memberikan kontribusi dalam mengembangkan strategi mitigasi yang efektif dan terarah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam analisis statistik multivariat, uji normalitas dan independensi merupakan dua aspek penting yang menentukan model yang digunakan. Uji normalitas multivariat bertujuan untuk menguji apakah data yang digunakan mengikuti distribusi normal multivariat, yang menjadi asumsi dasar dalam banyak metode analisis statistik. Salah satu metode yang umum digunakan adalah Uji Mardia yang memperkenalkan perhitungan *skewness* dan *kurtosis* multivariat, Uji Bartlett, Uji Box's M. Untuk hasil metode pengujian model, *MANOVA One Way* adalah metode yang dibutuhkan untuk menguji dataset *Bangladesh Air Pollution*.

2.1. Uji Normalitas Multivariat (Uji Mardia)

Uji Distribusi Normal Multivariat atau Uji Mardia memperkenalkan perhitungan multivariat *skewness* ($b_{1,p}$) dan *kurtosis* ($b_{2,p}$) yang masing-masing dihitung menggunakan rumus [2],

Mardia's Multivariate Skewness :

$$b_{1,p} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [(x_i - \bar{x})^T S^{-1} (x_j - \bar{x})] \quad (1)$$

Jika $b_{1,p} = 0$, maka data mendekati normalitas multivariat dan jika $b_{1,p}$ tinggi, ada kemungkinan data tidak normal dimana p adalah jumlah variabel dari dataset.

Mardia's Multivariate Kurtosis :

$$b_{2,p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})^T S^{-1} (x_i - \bar{x})]^2 \quad (2)$$

Nilai ekspektasi $b_{2,p}$ adalah $p(p+2)$ untuk distribusi normal multivariat. Jika $b_{2,p} \approx p(p+2)$, maka data dapat dianggap normal dimana p adalah jumlah variabel dari dataset.

Hipotesis :

H0 : $x_1, x_2, \dots, x_n$ berdistribusi normal multivariat

H1 : $x_1, x_2, \dots, x_n$ tidak berdistribusi normal multivariat

Taraf signifikansi (α) = 0,05

Daerah penolakan yang digunakan dalam uji ini adalah tolak H0 jika $p - value < \alpha$

2.2. Uji Independensi Multivariat (Uji Bartlett)

Uji Bartlett's ini merupakan uji statistik untuk signifikansi menyeluruh dari semua korelasi di dalam matriks korelasi [3]. Di dalam hal ini kita menguji hipotesis nol bahwa data yang diobservasi merupakan sampel dari distribusi populasi normal multivariat yang mana semua koefisien korelasi besarnya nol [4].

Hipotesis:

H0 : $\rho = 1$ (Matriks korelasi merupakan matriks identitas)

H1 : $\rho \neq 1$ (Matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas)

Statistik Uji:

$$X_{hitung}^2 = -\left\{n - 1 - \frac{2p+5}{6}\right\} \ln|\rho| \quad (3)$$

n = Jumlah data

p = Jumlah variabel respon

ρ = Matriks Korelasi

Taraf signifikansi (α) = 0,05

Daerah penolakan yang digunakan dalam uji ini adalah tolak H0 jika nilai $X_{hitung}^2 > X_{\alpha/2, p(p-1)}^2$ atau nilai $p - value < \alpha$

2.3. Uji Homogenitas Multivariat (Uji Box's M)

Uji homogenitas dimaksudkan untuk menguji kesamaan matriks varians-kovarians variabel-variabel dependen secara bersamaan (multivariat). Uji homogenitas multivariat juga dilakukan untuk mengetahui varians-kovarians pada populasi apakah sama atau tidak [5].

Hipotesis :

H0 : $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_k$

H1 : minimal terdapat satu $\Sigma_i \neq \Sigma_j$

Statistik Uji :

$$X^2 = -2(1 - c_1) \left[\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k v_i \ln|S_i| - \frac{1}{2} \ln|S_{pool}| \right] \sum_{i=1}^k v_i \quad (4)$$

S_i = matriks kovarians dari kelompok ke-iii.

S_{pool} = matriks kovarians gabungan (pooling).

v_i = derajat kebebasan terkait dengan kelompok ke-iii.

c_1 = faktor koreksi.

Taraf signifikansi (α) = 0,05

Data akan dikatakan homogen jika H0 gagal ditolak dengan memenuhi nilai $X_{hitung}^2 > X_{(k-1)p(p-1)}^2$ atau nilai $p - value > \alpha$

2.4. Uji MANOVA ONE - WAY

MANOVA adalah teknik analisis statistik di mana perbedaan antara dua atau lebih variabel dependen telah diuji dan dikaitkan dengan satu atau lebih variabel independen. Tujuan dilakukan analisis MANOVA adalah untuk menentukan apakah

terdapat perbedaan signifikan antara kelompok dalam beberapa variabel dependen [6].

Model MANOVA ONE WAY :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

$$i = 1, 2, \dots, g$$

$$j = 1, 2, \dots, nl$$

Y_{ij} = Nilai Pengamatan

μ = rata - rata keseluruhan

τ_i = efek perlakuan dari kelompok ke - i

ε_{ij} = adalah kesalahan acak atau error

Hipotesis :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \dots = \tau_g = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \tau_1 \neq 0, i = 1, 2, \dots, g$$

Statistik Uji :

$$L^* = \frac{|W|}{|W+B|} = \frac{\left| \sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{lj} - \bar{x}_l)(x_{lj} - \bar{x}_l)' \right|}{\left| \sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{lj} - \bar{x})(x_{lj} - \bar{x})' \right|} \quad (6)$$

$|W|$ = Determinan matriks varians - kovarians dalam masing - masing kelompok

$|W+B|$ = Determinan matriks total varians - kovarians antar kelompok

$\sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{lj} - \bar{x}_l)(x_{lj} - \bar{x}_l)'$ = Variabilitas dalam kelompok

$\sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{lj} - \bar{x})(x_{lj} - \bar{x})'$ = Variabilitas total

Taraf Signifikansi (α) = 0,05

Daerah penolakan yang digunakan dalam uji ini adalah keputusan tolak H_0 apabila $\left(\frac{\sum_{l=1}^g n_l - p - 2}{p} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{L^*}}{\sqrt{L^*}} \right) >$ nilai tabel F atau nilai $p - \text{value} < \alpha$.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode statistik multivariat, khususnya Uji Multivariate Analysis of Variance (MANOVA), untuk menganalisis perbedaan tingkat polusi udara antar kota di Bangladesh. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber laman terpercaya yaitu WHO (World Health Organization). Data yang digunakan terdiri dari 60 sampel yang mencakup beberapa kota di Bangladesh, seperti Dhaka, Chittagong, Khulna, Rajshahi, dan Barisal, dengan pengukuran polutan udara utama, yaitu PM2.5, PM10, dan NO2, dari tahun 2010 hingga 2019. Penelitian ini disusun melalui tahapan yang sistematis sebagai berikut

3.1. Pengumpulan Data

Tahap pertama dimulai dengan pengumpulan data dari sumber resmi dan terpercaya, yaitu World Health Organization (WHO). Dataset yang diambil mencakup 60 sampel data dari lima kota utama di Bangladesh yaitu Dhaka, Chittagong, Khulna, Rajshahi, dan Barisal. Variabel yang diamati meliputi

kadar PM2.5, kadar PM10 dan kadar NO2 yang direkam tiap tahunnya dari 2010 hingga 2019.

3.2. Penetapan Variabel

Penelitian ini menetapkan variabel independen yaitu kota tempat pengambilan sampel dilakukan (Bangladesh) dan variabel dependen yaitu tingkat polusi udara (PM2.5, PM10, dan NO2). Dengan struktur ini, MANOVA digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan multivariat yang signifikan pada variabel - variabel polusi udara antar kota.

3.3. Uji Asumsi MANOVA

Sebelum uji MANOVA dapat dilaksanakan, dilakukan uji terhadap asumsi - asumsi untuk menjamin validitas hasil analisis. Uji asumsi yang dilakukan adalah pengujian Normalitas Multivariat menggunakan Mardia's Test untuk memastikan bahwa distribusi variabel dependen bersifat normal, pengujian Homogenitas kovarians menggunakan Box's M Test untuk menilai kesamaan matriks kovarians antar kota, dan pengujian Independensi menggunakan Bartlett's Test memastikan bahwa masing - masing observasi bersifat independen. Tahapan ini penting karena jika pengujian MANOVA tidak terpenuhi pada salah satu asumsi akan memengaruhi validitas uji MANOVA.

3.4. Pelaksanaan Uji MANOVA

Setelah data dinyatakan memenuhi asumsi, dilakukan uji MANOVA menggunakan pustaka statistik Python. Tujuannya untuk menguji hipotesis nol (H_0) ditolak atau gagal ditolak. Hasil dari MANOVA meliputi beberapa statistik uji seperti Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace dan Roy's Largest Root.

3.5. Interpretasi Hasil

Setelah hasil uji diperoleh, dilakukan tahapan interpretasi hasil untuk memahami makna dari nilai - nilai statistik yang dihasilkan. Fokus utama dari interpretasi ini adalah menilai apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam konsentrasi polutan udara antar kota. Nilai p-value yang diperoleh dari berbagai statistik multivariat seperti Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace dan Roy's Largest Root dibandingkan dengan tingkat signifikansi yang telah ditetapkan ($\alpha = 0,05$). Hasil ini memberikan Gambaran menyeluruh mengenai variasi kualitas udara di wilayah yang diamati.

3.6. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dicatat yaitu cakupan wilayah dan waktu terbatas hanya mencakup lima kota di Bangladesh dari tahun 2010 - 2019 dan faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan kebijakan lingkungan tidak dianalisis dalam model, meskipun dapat berpengaruh terhadap kadar polusi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Awal

Penelitian ini menggunakan dataset pada Tabel 1 yang mencakup variabel *who_region* (wilayah), *iso3* (kode negara), *who_country_name* (nama negara), *city_or_locality* (kota), *measurement_year* (tahun

pengukuran), dan konsentrasi polutan (PM2.5, PM10, dan NO2) dengan jumlah data sebanyak 60 dengan p-value 0,00. Dengan p-value yang lebih kecil dari 0,05, hipotesis nol ditolak, yang mengindikasikan adanya hubungan antar variabel dalam data (tidak independen).

Tabel 1. Dataset Bangladesh Air Pollution

Who Region	Iso3	Who country name	City or locality	Measurement year	PM10	NO2	NO2
South East Asia Region	BGD	Bangladesh	Chittagong	2010	66,7	155,4	34,02
South East Asia Region	BGD	Bangladesh	Dhaka	2010	64,1	127,5	34,02
South East Asia Region	BGD	Bangladesh	Khulna	2010	103,3	170,1	34,02

4.2. Uji Asumsi

Tabel 2. Uji Asumsi

Nama Pengujian	Uji Statistik	Nilai Statistik	P - Value	Kesimpulan
Uji Normalitas	Mardia's Skewness	7,48	0,68	Normalitas Multivariat Terpenuhi
	Mardia's Kurtosis	-12,05	1	Normalitas Multivariat Terpenuhi
Uji Independensi	Uji Bartlett	51,18	0	Independensi Terpenuhi
Uji Homogenitas	Uji Box's M	-112,05	1	Homogenitas Terpenuhi

Berdasarkan hasil uji asumsi yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan. Uji normalitas multivariat menggunakan Mardia's Skewness dan Mardia's Kurtosis menunjukkan bahwa data memiliki nilai p-value masing-masing sebesar 0,68 dan 1,00. Karena p-value lebih besar dari 0,05, maka keputusan yang diambil adalah gagal menolak hipotesis nol (H_0), yang berarti data mengikuti distribusi normal multivariat.

Selanjutnya, uji independensi menggunakan Uji Bartlett menghasilkan nilai statistik sebesar 51,18 dengan p - value sebesar 0,00 yang berarti signifikan karena p - value < 0,05, maka hipotesis nol yang menyatakan bahwa matriks kovarians antar kelompok ditolak / tidak independen.

Terakhir, uji homogenitas menggunakan Uji Box's M. Terakhir, uji Homogenitas menunjukkan nilai statistik sebesar -112,05 dengan p-value sebesar 1,00. Karena p-value lebih besar dari 0,05, keputusan yang diambil adalah gagal menolak hipotesis nol (H_0), yang berarti matriks kovarians antar kelompok dianggap homogen. Dengan demikian, asumsi normalitas, independensi, dan homogenitas dalam analisis ini telah terpenuhi, yang memungkinkan untuk melanjutkan ke tahap analisis lebih lanjut seperti MANOVA. karena p - value < 0,05, maka hipotesis nol yang menyatakan bahwa matriks kovarians antar kelompok ditolak / tidak independen.

4.3. MANOVA ONE – WAY

Tabel 3. Uji MANOVA One - Way

Statistik Uji	Nilai Statistik	df	P - Value	Kesimpulan
Wilks' Lambda	9,84	(21, 144.12)	0.00	Signifikan
Pillai's Trace	4,51	(21, 156)	0.00	Signifikan
Hotelling's Trace	21,61	(21, 98.08)	0.00	Signifikan
Roy's Largest Root	66,75	(7, 52)	0.00	Signifikan

Berdasarkan hasil pengujian MANOVA yang ditampilkan dalam tabel, diperoleh empat statistik uji utama, yaitu Wilks's Lambda, Pillai's Trace, Hotelling's Trace, dan Roy's Largest Root. Wilks's Lambda menunjukkan nilai statistik uji sebesar 9,84 dengan derajat kebebasan (df) yaitu (21, 144.12) dan nilai p-value sebesar 0 yang mengindikasikan hasil signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok dalam variabel dependen secara simultan.

Selanjutnya, Pillai's Trace memiliki nilai statistik uji sebesar 4,51 dengan derajat kebebasan (df) yaitu (21, 156). P-value yang juga bernilai 0 menunjukkan bahwa perbedaan antar kelompok signifikan. Hotelling's Trace menghasilkan nilai statistik uji 21,61

dan derajat kebebasan sebesar (21, 98,08) serta p-value sebesar 0, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antar kelompok dalam model yang diuji.

Terakhir, Roy's Largest Root menunjukkan nilai statistik uji 66,75 serta derajat kebebasan sebesar (7, 52), dan p-value 0, yang juga menunjukkan hasil signifikan. Karena keempat metode pengujian menunjukkan hasil yang signifikan (p-value = 0), dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara kelompok dalam variabel dependen secara simultan, sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini mengindikasikan bahwa variabel bebas yang digunakan dalam analisis memiliki pengaruh yang

signifikan terhadap variabel dependen secara bersama-sama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan semua hasil analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semua uji asumsi yang dilakukan sudah terpenuhi yaitu data mengikuti distribusi normal multivariat dan matriks kovarians antar kelompok tidak independen serta dianggap homogen. Selain itu, uji MANOVA One-Way dalam analisis ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam tingkat polusi udara di berbagai kota di Bangladesh, khususnya pada konsentrasi PM2.5, PM10, dan NO2, yang menunjukkan variasi nyata antar wilayah yang dibuktikan dengan empat pengujian yaitu Uji Wilks' Lambda yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok dalam variabel dependen secara simultan, Uji Pillai's Trace yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar kelompok signifikan, Uji Hotteling's Trace yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antar kelompok dalam model yang diuji, dan Uji Roy's Largest Root yang menunjukkan bahwa variabel bebas yang digunakan dalam analisis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen secara bersama-sama. Penelitian ini mengindikasikan bahwa kualitas udara tidak merata dan dipengaruhi oleh faktor lokal yang berbeda, sehingga penting bagi pemerintah dan pemangku kebijakan untuk merumuskan strategi pengendalian polusi yang disesuaikan dengan kondisi tiap kota. Untuk memperkuat analisis pengujian terhadap polusi udara, disarankan agar penelitian selanjutnya memperluas cakupan variabel dengan menambahkan parameter lingkungan lainnya seperti kelembaban udara, suhu, atau arah angin, guna mengidentifikasi secara lebih spesifik faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas udara antar wilayah di Bangladesh

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. Amelia, P. Studi, I. Hubungan, F. Ilmu, and I. Politik, "PERAN UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) DALAM MENANGANI KASUS POLUSI UDARA DI BANGLADESH TAHUN 2021 – 2023," *Glob. Insight J.*, vol. 01, no. 01, p. 2024, 2024.
- [2] Saiful Alam, Md S. Hossain, Khalidur Rahman, and Md M. Hossain. 2024. "AIR QUALITY TRENDS AND THEIR ASSOCIATION WITH URBANIZATION IN MAJOR CITIES IN BANGLADESH: A REMOTE SENSING AND GIS-BASED STATISTICAL STUDY." *International Conference on Advances in Civil Engineering*, (December), 1029 - 1036.
- [3] B. Tsabita, E. Haqq, A. Antika, and S. P. Wulandari, "Analisis Faktor-faktor Volume Ekspor Hasil Perikanan Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2021 menggunakan Analisis Faktor," vol. 3, no. 1, pp. 1–18, 2025.
- [4] Kusuma, M. N., & Sholikhah, M. (2024). Pemodelan Polusi Udara akibat Pengalihan Lalu Lintas dari Pembangunan Fly Over Aloha Sidoarjo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 923 - 932.
- [5] Sayekti, A. N. A. K., Sofro, A., & Ariyanto, D. (2024, April). ANALISIS MATEMATIS PENGARUH LOKASI RUMAH TERHADAP HARGA JUAL, LUAS RUMAH DAN JUMLAH KAMAR DENGAN MANOVA. *Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 5(1), 1 - 7.
- [6] H. Tiana, R. Nabila, and S. P. Wulandari, "ANALISIS PENGARUH JENIS NYERI DADA TERHADAP RATA- RATA TEKANAN DARAH DAN USIA MENGGUNAKAN MANOVA," vol. 2, no. 2, pp. 38–48, 2024.
- [7] Lim, K. J., Nathanael, C., Wijaya, F. A., Dharma, J. A., Andrian, T. K., Soetresno, W., & Ningsih, R. Y. (2023, Mei). Penggunaan Bahasa Pemrograman Python Untuk Memvisualisasikan Data Peluang Selamat Dari Kecelakaan Titanic. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika (JUPTI)*, 2(2), 66 - 79.
- [8] Ua, A. M. T. I. S., H, D. L., Marpaung, E. S. K., Ong, J., Sayinka, M., Nurhaliza, P., & Ningsih, R. Y. (2023, Mei). Penggunaan Bahasa Pemrograman Python Dalam Analisis Faktor Penyebab Kanker Paru - Paru. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika (JUPTI)*, 2(2), 88 - 99.
- [9] Candra, A. P. (2025). Analisis Data Menggunakan Python : Memperkenalkan Pandas dan NumPy. *Journal of Information System and Education Development*, 3(1), 11 - 16.
- [10] Wulan, S. S., Hermanto, D., Pursitasari, I. D., & Didit Ardianto. (2024, Januari - Juni). Multivariat Analysis of Variance (MANOVA) Di Bidang Kesehatan Dan Pendidikan MIPA. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 15(1).