

Visualisasi dan Analisis Klaster COVID-19 Tahun 2020 di Indonesia : Studi Berbasis QGIS

Michael Dolly Sianturi^{*}, Mery Christyn Lubis², Jogi Nicolas

Manihuruk³, Gizka Triyunita Sinaga⁴

^{1,2,3,4} Universitas Negeri Medan, Indonesia

Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan,
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221

Korespondensi penulis: michael.4233260010@mhs.unimed.ac.id

Abstract. *This study aims to analyze and visualize the distribution of COVID-19 cases in Indonesia throughout 2020 with a spatial-based quantitative approach. The data used was obtained from the official report of the Ministry of Health of the Republic of Indonesia as of December 30, 2020, including the number of confirmed cases, recovered, and died. The analysis was carried out by integrating clustering methods and Geographic Information Systems (GIS) using Quantum GIS (QGIS) software. The visualization results show significant spatial variations between provinces, where provinces with high population density such as DKI Jakarta, West Java, East Java, and Central Java are recorded as areas with the highest caseload. In addition, areas with limited health facilities also show a high potential risk of transmission and death. Cluster patterns of positive and cured cases generally show similarities, while mortality rates show spatial inequalities that are important to look at. These findings emphasize the importance of spatial data integration in area-based policy planning for pandemic control. Spatial visualization not only facilitates understanding of distribution patterns, but also supports more effective and targeted decision-making.*

Keywords: COVID-19, Spatial Visualization, QGIS, Cluster Analysis.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memvisualisasikan sebaran kasus COVID-19 di Indonesia sepanjang tahun 2020 dengan pendekatan kuantitatif berbasis spasial. Data yang digunakan diperoleh dari laporan resmi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia per 30 Desember 2020, mencakup jumlah kasus terkonfirmasi, sembuh, dan meninggal. Analisis dilakukan dengan mengintegrasikan metode klasterisasi serta Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan perangkat lunak Quantum GIS (QGIS). Hasil visualisasi menampilkan variasi spasial yang signifikan antarprovinsi, di mana provinsi dengan kepadatan penduduk tinggi seperti DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Timur, dan Jawa Tengah tercatat sebagai wilayah dengan beban kasus tertinggi. Selain itu, daerah dengan fasilitas kesehatan yang terbatas juga menunjukkan potensi risiko penularan dan kematian yang tinggi. Pola klaster kasus positif dan sembuh umumnya menunjukkan kesamaan, sementara angka kematian memperlihatkan ketimpangan spasial yang penting untuk dicermati. Temuan ini menegaskan pentingnya integrasi data spasial dalam perencanaan kebijakan berbasis wilayah untuk pengendalian pandemi. Visualisasi spasial tidak hanya mempermudah pemahaman tentang pola penyebaran, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dan tepat sasaran

Kata Kunci: COVID-19, Visualisasi Spasial, QGIS, Analisis Klaster.

1. LATAR BELAKANG

Pandemi COVID-19 yang mulai menyebar pada akhir tahun 2019, telah berkembang menjadi wabah yang melanda berbagai sektor kehidupan di seluruh dunia, dan Indonesia adalah salah satunya. Sejak diumumkannya kasus pertama di Indonesia pada awal Maret 2020, virus SARS-CoV-2 menyebar dengan cepat di seluruh wilayah dan berdampak besar pada sistem kesehatan, mobilitas penduduk, serta stabilitas sosial ekonomi. Menurut (Styawan Agus, 2020), virus ini tidak menyebar secara merata, tetapi terkonsentrasi di daerah dengan

infrastruktur kesehatan, demografi, dan geografis yang berbeda. Kondisi ini menunjukkan bahwa elemen spasial sangat penting untuk memahami bagaimana pandemi menyebar.

Pendekatan berbasis spasial menjadi sangat penting dalam studi epidemiologi modern, terutama untuk menentukan daerah dengan banyak kasus atau hotspot. Untuk menggabungkan data spasial dan epidemiologis, sistem informasi geografis (SIG) telah banyak digunakan. Ini menghasilkan peta visual yang informatif geografis membantu pengambilan kebijakan. Sebagai salah satu program SIG open-source, Quantum Gis (QGIS) sangat fleksibel dalam pemetaan spasial penyebaran penyakit menular, seperti COVID-19. (Fahri, 2020) menyatakan bahwa dengan menggunakan QGIS dan framework Laravel, peta penyebaran pasien COVID-19 dapat dibuat dengan interaktif dan mudah dipahami. (Hakim et al., 2021) menunjukkan hal yang sama ketika mereka membangun sistem informasi sebaran COVID-19 di Kabupaten Majene. Sistem ini dapat membantu dan menangani pandemi di tingkat lokal.

Di sisi lain, analisis kluster menjadi metode penting untuk mengelompokkan daerah berdasarkan tingkat risiko atau karakteristik penyebaran COVID-19. Menurut (Rembulan et al., 2020), metode ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan beberapa provinsi di Indonesia ke dalam beberapa kelompok berdasarkan jumlah kasus terkonfirmasi, angka kematian, dan tingkat kesembuhan. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih terbatas pada analisis numerik dan deskriptif dan belum sepenuhnya mengintegrasikan pendekatan visual-spasial berbasis QGIS dalam pengelompokan wilayah yang terdampak. Padahal, integrasi antara klusterisasi dan pemetaan spasial memiliki potensi besar untuk menghasilkan representasi visual yang tidak hanya menampilkan data statistik tetapi juga mempermudah pemahaman pola penyebaran geografis.

Analisis kluster dan visualisasi spasial berbasis QGIS digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan secara menyeluruh sebaran kasus COVID-19 di Indonesia sepanjang tahun 2020. Tujuan penelitian ini adalah untuk memvisualisasikan dan menganalisis kluster penyebaran COVID-19 di tingkat provinsi dan kabupaten/kota dengan menggunakan data epidemiologis dan spasial. Diharapkan hasil pemetaan ini dapat membantu menjelaskan distribusi virus secara geografis dan menjadi acuan strategi untuk proses pengambilan keputusan berbasis wilayah.

2. KAJIAN TEORITIS

SIG merupakan sistem yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, mengelola, dan menyajikan semua jenis data geografis (Fahri, 2020). Dalam

konteks epidemiologi, SIG memungkinkan pemetaan spasial distribusi penyakit dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kejadian penyakit yang tinggi. QGIS, sebagai perangkat lunak SIG berbasis open-source, banyak digunakan karena fleksibilitas dan kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai jenis data spasial untuk visualisasi yang informatif (Hakim et al., 2021).

Analisis kluster digunakan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik tertentu, seperti jumlah kasus terkonfirmasi, angka kesembuhan, dan kematian akibat suatu penyakit (Rembulan et al., 2020). Teknik ini dapat mengidentifikasi pola penyebaran yang tidak acak dan mengungkap hubungan antara variabel spasial dan epidemiologis. Dalam penelitian ini, klusterisasi berguna untuk mengklasifikasikan provinsi di Indonesia ke dalam kelompok risiko yang berbeda.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas penggunaan SIG dan klusterisasi dalam studi penyebaran COVID-19. Misalnya, (Oktaviandra & Yulfa, 2022) mengembangkan sistem WEBGIS untuk memantau sebaran kasus di Kota Bukittinggi, sedangkan (Kandou et al., 2021) memanfaatkan pendekatan spasial untuk menganalisis COVID-19 di Minahasa Utara. Di tingkat nasional, (Devi et al., 2024) memetakan kasus COVID-19 di Bali dengan hasil yang menunjukkan konsentrasi kasus di daerah dengan kepadatan tinggi dan akses kesehatan yang lebih baik.

Secara keseluruhan, teori dan temuan-temuan tersebut memperkuat pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu mengintegrasikan analisis kluster dan visualisasi spasial berbasis QGIS dalam memahami pola sebaran COVID-19 di Indonesia. Pendekatan ini tidak hanya menghasilkan peta informatif, tetapi juga menyediakan kerangka kerja berbasis bukti dalam merancang intervensi kebijakan yang lebih tepat sasaran.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis spasial, yang bertujuan untuk memvisualisasikan dan menganalisis pola penyebaran kasus COVID-19 secara geografis di Indonesia pada tahun 2020. Metode ini mengintegrasikan Teknik analisis kluster dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), menggunakan perangkat lunak Quantum GIS (QGIS) sebagai alat bantu utama untuk pemetaan dan interpretasi spasial.

Sumber data utama dalam penelitian ini berasal dari situs resmi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, khususnya pada laporan perkembangan situasi COVID-19 per 30 Desember 2020. Data yang digunakan meliputi jumlah kasus terkonfirmasi, angka kesembuhan, dan jumlah kematian akibat COVID-19. Selain data numerik, penelitian ini juga

memanfaatkan data spasial dalam format shapefile yang mencakup batas administratif seluruh provinsi di Indonesia. Visualisasi ini memungkinkan identifikasi klaster-klaster wilayah yang memiliki beban kasus tinggi, seperti DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan. Wilayah-wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi dan tingkat mobilitas besar cenderung memiliki konsentrasi kasus yang signifikan.

Proses pengolahan data dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak QGIS yang telah banyak digunakan dalam pemetaan tematik dan analisis spasial, terutama dalam konteks kesehatan masyarakat. Menurut (Fahri, 2020), QGIS sangat fleksibel dalam mengelola data spasial dan dapat dikombinasikan dengan berbagai framework analisis data seperti Laravel untuk membangun sistem informasi spasial interaktif. Dalam penelitian ini, data numerik yang telah dikumpulkan terlebih dahulu disesuaikan formatnya agar kompatibel dengan struktur data pada QGIS. Selanjutnya, dilakukan penggabungan antara data numerik dan data spasial berdasarkan identitas administratif masing-masing provinsi.

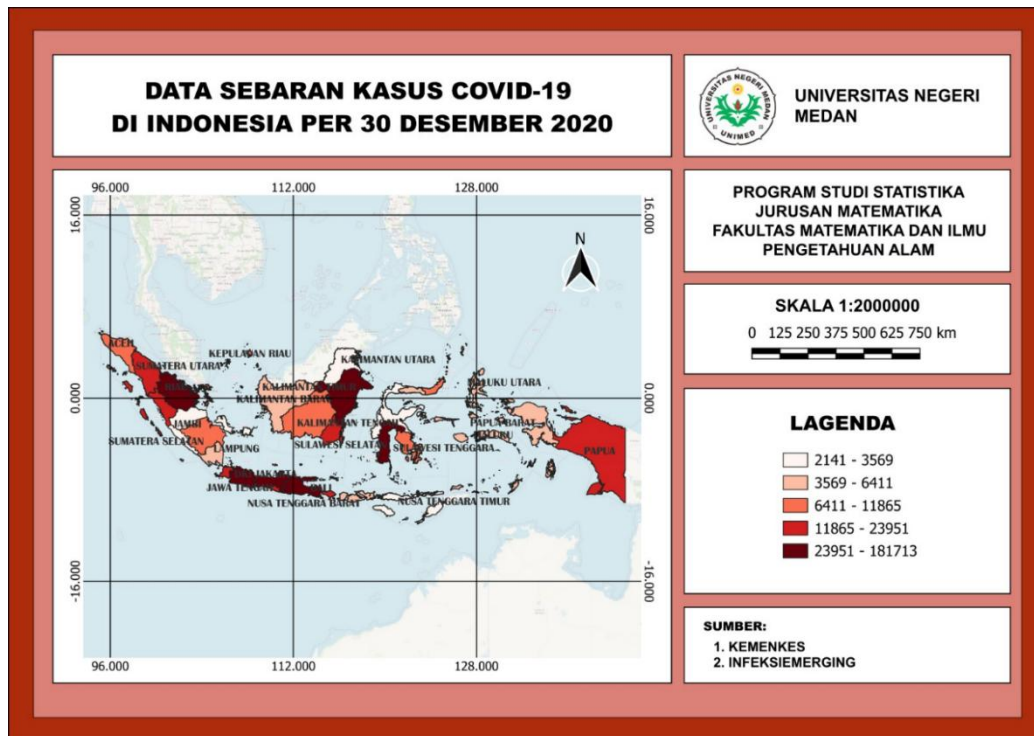
Selanjutnya, dilakukan analisis klaster spasial dengan observasi visual terhadap peta hasil klasifikasi untuk mengidentifikasi konsentrasi kasus di wilayah tertentu dan mengevaluasi kemungkinan hubungan antara kepadatan penduduk, urbanisasi, serta fasilitas kesehatan dengan tingkat penyebaran COVID-19. Pendekatan ini merujuk pada model klasifikasi wilayah berdasarkan karakteristik penyebaran yang telah dilakukan oleh (Rembulan et al., 2020), yang menekankan pentingnya pemetaan risiko dalam penyusunan kebijakan berbasis wilayah. (Kandou et al., 2021)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat proses pengumpulan data, rentang waktu dan lokasi penelitian, dan hasil analisis data (yang dapat didukung dengan ilustrasi dalam bentuk tabel atau gambar, **bukan** data mentah, serta **bukan** dalam bentuk *printscreen* hasil analisis), ulasan tentang keterkaitan antara hasil dan konsep dasar, dan atau hasil pengujian hipotesis (jika ada), serta kesesuaian atau pertentangan dengan hasil penelitian sebelumnya, beserta interpretasinya masing-masing. Bagian ini juga dapat memuat implikasi hasil penelitian, baik secara teoritis maupun terapan. Setiap gambar dan tabel yang digunakan harus diacu dan diberikan penjelasan di dalam teks, serta diberikan penomoran dan sumber acuan. Berikut ini diberikan contoh tata cara penulisan subjudul, sub-subjudul, sub-sub-subjdul, dan seterusnya.

Subjudul Kesatu

Data Sebaran Kasus Positif Covid-19 Di Indonesia Per 30 Desember 2020



Sumber: Hasil Visualisasi

Gambar 1. Visualisasi Kasus Positif Covid-19

Berdasarkan hasil visualisasi spasial menggunakan perangkat lunak Quantum GIS, peta sebaran kasus COVID-19 di Indonesia per 30 Desember 2020 menunjukkan variasi spasial yang signifikan antar provinsi. Peta ini diklasifikasikan ke dalam lima kategori jumlah kasus, dengan rentang dari 2.141 hingga 181.713 kasus. (Sun & Jiao, 2022)

Provinsi-provinsi dengan jumlah kasus tertinggi, yakni dalam kategori 23.951–181.713 kasus, ditandai dengan warna merah gelap. Provinsi-provinsi yang tergolong dalam kluster ini mencakup DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan, yang sekaligus menjadi pusat-pusat kepadatan penduduk dan aktivitas ekonomi nasional. Hal ini menunjukkan korelasi kuat antara densitas penduduk, mobilitas sosial tinggi, dan risiko penularan COVID-19. (Devi et al., 2024)

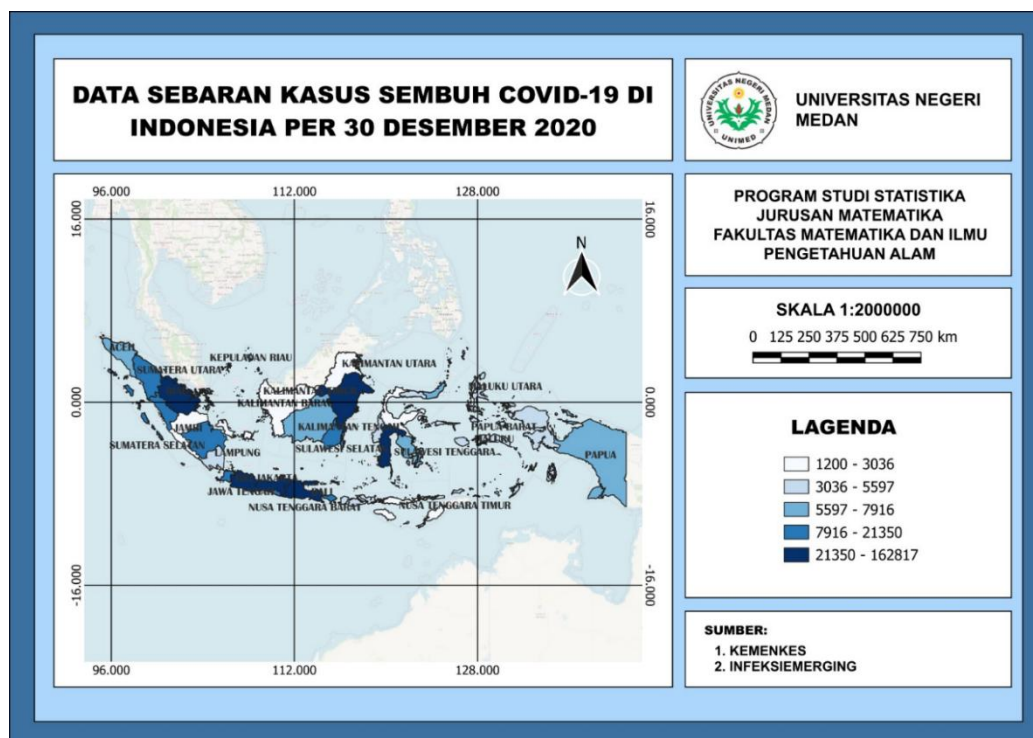
Kategori kedua tertinggi (11.865–23.951 kasus) mencakup provinsi-provinsi seperti Banten, Kalimantan Timur, Sumatera Utara, dan Papua, yang juga menunjukkan angka kasus relatif tinggi meskipun dengan kepadatan penduduk yang lebih rendah dibandingkan Pulau Jawa. Ini mengindikasikan bahwa faktor selain kepadatan penduduk, seperti keterbatasan layanan kesehatan dan tantangan geografis, dapat memengaruhi tingkat penyebaran virus (Dahlia, 2021)

Sebaliknya, provinsi-provinsi seperti Maluku Utara, Gorontalo, dan Kalimantan Utara tercatat dalam kategori terendah (2.141–3.569 kasus) dan digambarkan dengan warna lebih

terang. Provinsi-provinsi ini umumnya memiliki populasi yang lebih kecil, tingkat urbanisasi rendah, serta aksesibilitas terbatas, yang secara tidak langsung dapat membatasi laju penularan. (Ibnu Praditya et al., 2023)

Secara keseluruhan, hasil visualisasi ini memperlihatkan pola spasial yang membentuk kluster-kluster kasus COVID-19 yang signifikan, khususnya terkonsentrasi di wilayah barat dan tengah Indonesia, terutama Pulau Jawa dan sebagian Sumatera. Klusterisasi ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan kebijakan berbasis wilayah (place-based policy), termasuk penentuan prioritas distribusi vaksin, logistik medis, dan pembatasan mobilitas. (Syukira et al., 2024)

Data Sebaran Kasus Sembuh Covid-19 di Indonesia per 30 Desember 2020



Sumber: Hasil Visualisasi

Gambar 2. Visualisasi Kasus Sembuh Covid-19

Visualisasi spasial yang ditampilkan pada peta ini menunjukkan distribusi jumlah kasus sembuh COVID-19 di seluruh provinsi Indonesia hingga 30 Desember 2020. Data yang divisualisasikan dengan Quantum GIS ini dikategorikan ke dalam lima kelas berdasarkan jumlah kasus sembuh, mulai dari 1.200 hingga 162.817 kasus. (Ferryza Nurwahyu et al., 2023)

Provinsi dengan jumlah kesembuhan tertinggi, yakni pada kategori 21.350–162.817 kasus, digambarkan dengan warna biru tua. Provinsi-provinsi dalam kategori ini antara lain: DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Sulawesi Selatan. (Tanjung & Sitepu, 2021)

Kelima provinsi tersebut merupakan wilayah dengan jumlah penduduk tinggi, serta fasilitas layanan kesehatan dan akses tes yang lebih baik dibanding wilayah lain. Hal ini memungkinkan tingkat deteksi dan penanganan yang lebih cepat, sehingga turut berdampak pada tingginya angka kesembuhan.

Sementara itu, provinsi-provinsi seperti Maluku Utara, Kalimantan Utara, dan Gorontalo, berada pada kategori terendah (1.200–3.036 kasus), ditandai dengan warna biru sangat terang. Rendahnya angka kesembuhan di wilayah ini kemungkinan disebabkan oleh jumlah kasus terkonfirmasi yang juga lebih sedikit, atau adanya kendala dalam pelaporan, fasilitas kesehatan yang terbatas, serta kesenjangan dalam akses layanan medis.

Sebaran warna pada peta memperlihatkan bahwa wilayah Pulau Jawa secara konsisten menjadi pusat utama penyembuhan, yang selaras dengan tingginya jumlah kasus positif yang sebelumnya dilaporkan. Di luar Pulau Jawa, beberapa daerah seperti Sumatera Utara, Kalimantan Timur, dan Papua juga menunjukkan tingkat kesembuhan menengah hingga tinggi.

Dari sudut pandang spasial, pola kluster kesembuhan memiliki kesamaan geografis dengan kluster kasus positif, yaitu terkonsentrasi di wilayah padat penduduk dan pusat aktivitas ekonomi. Namun, disparitas antarwilayah menunjukkan adanya kesenjangan dalam kapasitas sistem kesehatan yang dapat menjadi perhatian dalam perencanaan kebijakan kesehatan nasional ke depan.

Data Sebaran Kasus Meninggal Covid-19 di Indonesia per 30 Desember 2020



Sumber: Hasil Visualisasi

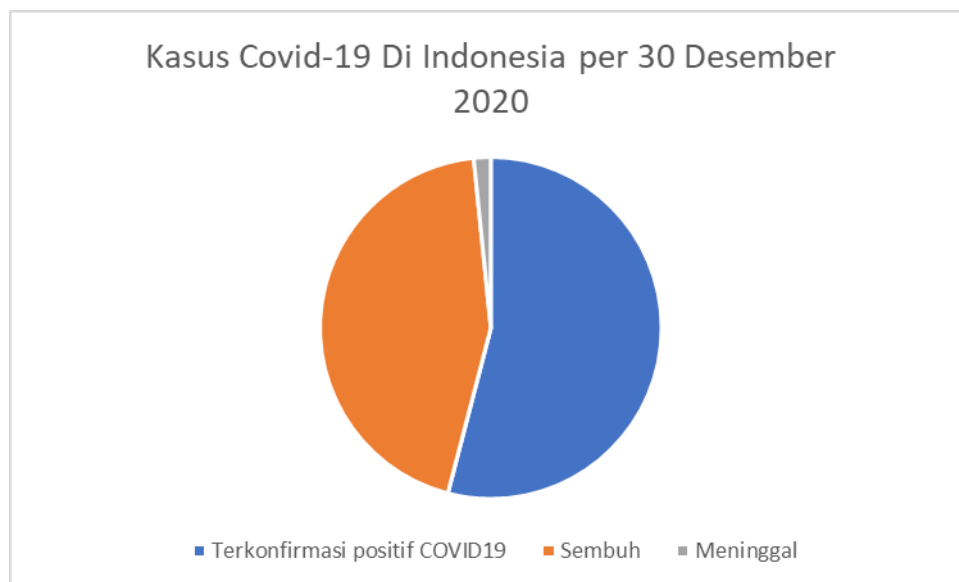
Gambar 3. Visualisasi Kasus Meninggal Covid-19

Peta ini menggambarkan persebaran jumlah kematian akibat COVID-19 di seluruh provinsi Indonesia hingga 30 Desember 2020. Visualisasi ini disusun dalam lima klasifikasi warna berdasarkan intensitas jumlah kasus meninggal, dari yang paling sedikit (17 kasus) hingga yang paling tinggi (5.762 kasus).

Provinsi dengan kasus kematian tertinggi ditandai dengan warna coklat tua menandakan kategori tertinggi (631–5762 kasus), yang mencakup: DKI Jakarta, Jawa Timur, Jawa Barat, Jawa Tengah. Wilayah-wilayah ini merupakan kluster urban dengan populasi padat, mobilitas tinggi, dan beban fasilitas kesehatan yang besar, sehingga memiliki potensi risiko kematian yang lebih tinggi (Widiawaty et al., 2022). Keterbatasan kapasitas rumah sakit dan tingginya jumlah kasus positif juga menjadi faktor penyumbang kematian yang signifikan.

Provinsi dengan kasus kematian rendah ditandai dengan warna putih hingga kuning terang menunjukkan wilayah dengan jumlah kematian yang relatif rendah, seperti: Kalimantan Utara, Gorontalo, Maluku, dan Nusa Tenggara Timur.

Diagram Seluruh Kasus Covid-19 di Indonesia per 30 Desember 2020



Gambar 4. Diagram Lingkaran Kasus Covid-19 di Indonesia

Berdasarkan visualisasi data dalam bentuk diagram lingkaran, distribusi proporsi kasus COVID-19 di Indonesia per 30 Desember 2020 menunjukkan bahwa kasus terkonfirmasi positif masih mendominasi dengan persentase sebesar 54% dari total akumulasi data. Hal ini mengindikasikan bahwa lebih dari separuh populasi yang terdata telah atau sedang mengalami infeksi COVID-19. Sementara itu, kasus sembuh tercatat sebesar 44%, menunjukkan respons positif terhadap upaya penanganan medis dan protokol kesehatan yang telah diterapkan secara nasional. Persentase yang relatif tinggi pada kategori sembuh ini menjadi indikator penting atas keberhasilan sebagian kebijakan penanggulangan pandemi.

Adapun proporsi kasus meninggal akibat COVID-19 berada pada angka 2%, yang secara relatif tergolong rendah dibandingkan dengan dua kategori lainnya. Namun demikian, meskipun jumlahnya kecil secara persentase, angka kematian tetap menjadi indikator krusial dalam menilai efektivitas sistem layanan kesehatan dan kesiapsiagaan wilayah terhadap dampak fatal dari virus tersebut. Secara keseluruhan, distribusi ini mencerminkan dinamika pandemi yang masih memerlukan perhatian serius, terutama dalam mengurangi jumlah kasus aktif dan meningkatkan angka kesembuhan secara merata di seluruh wilayah Indonesia.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sebaran kasus COVID-19 di Indonesia menunjukkan pola spasial yang erat kaitannya dengan kepadatan penduduk, tingkat mobilitas sosial, serta ketersediaan layanan kesehatan. Provinsi-provinsi dengan jumlah kasus positif tertinggi meliputi DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan, sedangkan wilayah dengan jumlah kasus lebih rendah antara lain Maluku Utara, Gorontalo, dan Kalimantan Utara. Pola distribusi kasus sembuh menunjukkan kesamaan dengan sebaran kasus positif, di mana angka kesembuhan tertinggi juga tercatat di DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Sulawesi Selatan. Sementara itu, daerah dengan angka kesembuhan rendah umumnya juga memiliki jumlah kasus positif yang lebih sedikit. Untuk kasus meninggal akibat COVID-19, provinsi dengan angka kematian tertinggi meliputi DKI Jakarta, Jawa Timur, Jawa Barat, dan Jawa Tengah, sedangkan Kalimantan Utara, Gorontalo, Maluku, dan Nusa Tenggara Timur mencatat jumlah kematian yang relatif rendah. Secara keseluruhan, proporsi kasus menunjukkan dominasi kasus positif sebesar 54%, diikuti oleh kasus sembuh sebesar 44%, dan kasus meninggal sebesar 2%, sebagaimana ditunjukkan dalam visualisasi diagram lingkaran.

DAFTAR REFERENSI

- Dahlia, S. (2021). Analisis pola spasial persebaran kasus Covid-19 menggunakan sistem informasi geografis di DKI Jakarta. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, 5(2), 101–108. <https://doi.org/10.22236/jgel.v5i2.7098>
- Devi, A. M., Adisanjaya, N. N., & Wasita, R. R. R. (2024). Pemetaan kasus Covid-19 dengan menggunakan sistem informasi geografis di Kabupaten Badung Provinsi Bali tahun 2021. *Jurnal Bidang Ilmu Kesehatan*, 14(1), 14–21. <https://doi.org/10.52643/jbik.v14i1.3113>
- Fahri, M. U. (2020). Melihat peta penyebaran pasien Covid-19 dengan kombinasi QGIS dan framework Laravel. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 6(1), 25–30.

- Ferryza Nurwahyu, Riyandi, S., Nifansa, A. R., & Irsyad, A. (2023). Sistem informasi geografis pemetaan Indomaret di Kecamatan Tenggarong berbasis Quantum GIS. *Pengabdian Kepada Masyarakat Bidang Teknologi dan Sistem Informasi (PETISI)*, 1(2), 51–54.
- Hakim, H., Sarjan, M., & Jalal, S. (2021). Sistem informasi sebaran data pemantauan COVID-19 berbasis GIS di Kabupaten Majene. *Peguruang: Conference Series*, 3(2), 615–619.
- Hastuti, N., & Djanah, S. N. (2020). Studi tinjauan pustaka: Penularan dan pencegahan penyebaran Covid-19. *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(2), 70–76. <https://doi.org/10.31602/ann.v7i2.2984>
- Ibnu Praditya, M., Apdila, I., Irsyad, A., & Ibrahim, M. R. (2023). Implementasi QGIS dalam pemetaan sebaran mall di Kota Samarinda. *Kreatif Teknologi dan Sistem Informasi (KRITISI)*, 1(1), 19–22. <https://doi.org/10.30872/kretisi.v2i1.1063>
- Islam, A., Sayeed, M. A., Rahman, M. K., Ferdous, J., Islam, S., & Hassan, M. M. (2021). Geospatial dynamics of COVID-19 clusters and hotspots in Bangladesh. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68(6), 3643–3657. <https://doi.org/10.1111/tbed.13973>
- Kandou, G. D., Ratag, B. T., Sekeon, S. A. S., & Kandou, P. C. (2021). Spatial analysis of COVID-19 in North Minahasa Regency of North Sulawesi Province. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 9(1), 1–5. <https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20214836>
- Oktaviandra, R., & Yulfa, A. (2022). Pengelolaan data pasien positif COVID-19 di Kota Bukittinggi berbasis WEBGIS. *Jurnal Buana*, 6(3), 717–730.
- Rembulan, G. D., Wijaya, T., Palullungan, D., Alfina, K. N., & Qurthuby, M. (2020). Kebijakan pemerintah mengenai Coronavirus Disease (COVID-19) di setiap provinsi di Indonesia berdasarkan analisis kluster. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 13(2), 74–86. <https://doi.org/10.30813/jiems.v13i2.2280>
- Safitri, D. R., Sarwani, D., Rejeki, S., Nurlaela, S., & Jayanti, R. D. (2025). Mapping and clustering COVID-19 cases in Kudus District. *Disease Prevention and Public Health Journal*, 19(1), 1–10.
- Styawan Agus, D. (2020). Pandemi COVID-19 dalam perspektif demografi. Dalam *Seminar Nasional Official Statistics* (hlm. 182–189).
- Sun, M., & Jiao, X. (2022). Identification of spaces with cluster infection risks in small cities in China based on spatial syntax and GIS. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 22(4), 1081–1097. <https://doi.org/10.3233/JCM-226080>
- Syukira, N., Utomo, S. S., Rakhmayanti, D., Herdyan, R. D., Rohmat, X. A., Rifki, M. F. N., Saputra, A., Fatiyah, S., & Liyanton. (2024). Pemetaan lahan pertanian berbasis data spasial menggunakan aplikasi QGIS di Desa Mojorembun Kecamatan Rejoso. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 6(2), 146–154. <https://doi.org/10.30872/kretisi.v2i1.1063>
- Tanjung, M. S., & Sitepu, R. (2021). Epidemiologi deskriptif Coronavirus Disease 2019 (Covid-19) di Indonesia pada tahun 2020. *Ibnu Sina: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*

- *Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara*, 20(2), 179–191.
<https://doi.org/10.30743/ibnusina.v20i2.190>

Widiawaty, M. A., Lam, K. C., Dede, M., & Asnawi, N. H. (2022). Spatial differentiation and determinants of COVID-19 in Indonesia. *BMC Public Health*, 22(1), 1–16.
<https://doi.org/10.1186/s12889-022-13316-4>