

Majalah Ilmiah Globe diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) bekerja sama dengan Masyarakat Ahli Penginderaan jauh Indonesia (MAPIN). Majalah Ilmiah Globe sebagai media komunikasi ilmiah, riset dan teknologi terkait pengumpulan, pengolahan dan analisis data menghasilkan informasi Geospasial Tematik, antara lain mencakup Analisis Tematik (Hidrologi, Geomorfologi, Penginderaan Jauh, Kartografi, dan Geografi Fisik), dan Aplikasi Sistem Informasi Geografi. Pernyataan penulis dalam artikel yang dimuat pada majalah ini merupakan pendapat individu penulis bukan pendapat penerbit.

Jurnal terbit 2 kali setiap tahun, 2 nomor 1 volume, bulan **April** dan **Oktober**.

Pengarah:

Kepala Badan Informasi Geospasial

Penanggung Jawab:

Kepala Pusat Penelitian Promosi dan Kerja Sama

Mitra Bestari :

Nama :

Prof. Dr. Sobar Sutisna
Prof. Junun Sartohadi
Prof. Bangun Mulyo Sukojo
Prof. Widiatmaka
Dr. Projo Danoedoro
Dr. Djati Mardiatno
Dr. Wikanti Asriningrum
Dr. Ibnu Sofian
Dr. Sri Hartini
Dr. Muhamad Buce Saleh

Kepakaran :

Geodesi Batas Wilayah
Geografi Fisik
Penginderaan Jauh
Evaluasi Sumberdaya Lahan
Sistem Informasi Geografis
Manajemen Kebencanaan
Geomorfologi
Oceanografi
Penginderaan Jauh – SIG
Penginderaan Jauh – SIG

Instansi :

Universitas Pertanian
Universitas Gadjah Mada
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Institut Pertanian Bogor
Universitas Gadjah Mada
Universitas Gadjah Mada
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Institut Pertanian Bogor

Dewan Editor:

Nama :

Prof Dewayany Sutrisno
Prof. Dr. Ing. Fahmi Amhar
Dr. Jonson Lumban-Gaol
Ir. Yatin Suwarno, M.Sc
Ir. Irmadi Nahib, M.Si
Ahmad Cahyadi, S.Si., M.Sc

Jabatan

Ketua Dewan Editor
Anggota
Anggota
Anggota
Anggota
Anggota

Instansi :

Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Institut Pertanian Bogor
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Universitas Gadjah Mada



Alamat Redaksi:

Sekretariat Redaksi Majalah Ilmiah Globe
Gedung S, Lt. 1 Badan Informasi Geospasial (BIG)
Jl. Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong 16911
Telp/fax: +62-21- 87906041, E-mail: majalah.globe@big.go.id
Webs Jurnal: <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL>

Redaktur Pelaksana:

Nama :

Dr. Yosef Prihanto
Agung Syetiawan, S.T
Hanik Nurdina Sabita, SIP
Yustisi Ardhisari L.G, S.T
Maslahatun Nasiha, S.T
Mochamad Irwan Hariyono, S.T
Prayudha Hartanto, S.T
Intan Pujawati, S.Si
Tia Rizka Nuzula Rachma, S.T
Fahrul Hidayat, S.T
Ayu Nur Safii, S.T
Aninda Wisaksanti Rudiastuti, S.Pi
Florence E. S. Silalahi, S.T
Utami Yulaila, S.E

Jabatan

Ketua Redaksi
Administrator
Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Lay Out & Desain Grafis
Proof Reader
Proof Reader
Proof Reader
Sirkulasi

Instansi

Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial

DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	ii
DAFTAR ISI	iv
LEMBAR ABSTRAK (ID)	vi
LEMBAR ABSTRAK (EN)	viii
PENGANTAR REDAKSI	x
PENGUKURAN VARIABILITAS INFORMASI COVID-19 DALAM WEB-GIS Studi Kasus Kota Bogor <i>(Measurement of Variability of COVID-19 Information in The Web-GIS Bogor City Case Study)</i> I Wayan Gede Krisna Arimjaya, Mangapul Parlindungan Tambunan, Rudy Parluhutan Tambunan, Muhammad Dimiyati Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia	61-72
PENILAIAN KERENTANAN AIR PERMUKAAN TERHADAP PENCEMARAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN TEKNIK GIS <i>(Assessment of Water Surface Vulnerability to Pollution Using Remote Sensing Data and GIS Techniques)</i> Andy Wibawa Nurrohman, Margaretha Widyastuti, dan Slamet Suprayogi Program Studi MPPDAS, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.....	73-80
PEMANFAATAN SIG UNTUK PEMETAAN AREA LAYANAN DAN INDEKS AKSESIBILITAS FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN DI KABUPATEN KULON PROGO <i>(Mapping Service Area dan Healthcare Facility Accessibility Index in Kulon Progo Regency using GIS)</i> Dwiky Rama Yanuar & Heri Sutanta Pusat Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial.....	81-92
EVALUASI SPASIAL LOKASI KANTOR PEMERINTAHAN BERDASARKAN MODEL AREA LAYANAN DI KABUPATEN BOGOR <i>(Spatial Evaluation of Government Offices based on Service Area Model in Bogor Regency)</i> Danang Budi Susetyo & Nugroho Purwono Departemen Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada.....	93-100
MODEL KLASIFIKASI UNTUK PREDIKSI FASE PERTUMBUHAN PADI DENGAN MACHINE LEARNING BERDASARKAN CITRA SATELIT <i>(Classification Model for Paddy Growth Phase Prediction with Machine Learning Based on Satellite Imagery)</i> Novian Tamara, Aji Hamim Wigena, Bagus Sartono Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang.....	101-112

LEMBAR ABSTRAK (ID)

MAJALAH ILMIAH GLOBë (Globë Scientific Magazine)	
P-ISSN 1411-0512/E-ISSN 2502-2172	Cibinong, Oktober 2021
Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa izin dan biaya	
<p>DDC 622.526 Arimjaya (Universitas Indonesia) Pengukuran Variabilitas Informasi Covid-19 Dalam Web-Gis Studi Kasus Kota Bogor <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 61-72</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengukur variabilitas data dan informasi COVID-19 Kota Bogor, mengukur implikasi dari adanya variasi data tersebut dan membangun WEB-GIS COVID-19 Kota Bogor dengan prinsip satu data dan satu peta. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif berdasarkan kuesioner, wawancara, dan observasi. Pertanyaan disusun menggunakan Skala <i>Likert</i> dengan 5 ukuran skala. WEB-GIS dibangun menggunakan <i>frame work ArcGIS Online</i> dan dievaluasi dengan <i>Lighthouse</i> pada Google Chrome.</p> <p style="text-align: right;">(Arimjaya)</p> <p>Kata kunci: <i>ArcGIS Online</i>, data geospasial, informasi geospasial, satu data Indonesia, kuantitatif deskriptif, SIG, COVID-19, skala <i>likert</i></p>	<p>DDC 620.4285 Nurrohman (Universitas Gadjah Mada) Penilaian Kerentanan Air Permukaan Terhadap Pencemaran Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Teknik Gis <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 73-80</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk menggunakan metode <i>overlay</i> dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan parameter penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan rata-rata curah hujan tahunan. Peta penggunaan lahan didapatkan dari citra Sentinel-2B, kemiringan lereng dari <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM) dan data curah hujan rata-rata tahunan berasal dari hasil pemantauan BMKG.</p> <p style="text-align: right;">(Nurrohman)</p> <p>Kata kunci: DAS Cimanuk, Kerapuhan Lingkungan, Sentinel-2</p>
<p>DDC 690.0285 Yanuar (Badan Informasi Geospasial) Pemanfaatan SIG untuk Pemetaan Area Layanan dan Indeks Aksesibilitas Fasilitas Pelayanan Kesehatan di Kabupaten Kulon Progo <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 81-92</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk menghitung aksesibilitas spasial fasyankes di Kabupaten Kulon Progo. Aksesibilitas spasial diukur berdasarkan area layanan fasyankes dan indeks aksesibilitas. Data yang digunakan meliputi data fasyankes, bangunan tempat tinggal, dan jaringan jalan. Kecepatan tiap segmen jalan dalam jaringan dikoreksi berdasarkan kemiringannya yang diekstrak dari Model Elevasi Digital Nasional (DEMNAS).</p> <p style="text-align: right;">(Yanuar)</p> <p>Kata kunci: aksesibilitas, analisis jaringan, fasilitas kesehatan, indeks aksesibilitas</p>	<p>DDC 771.526 Susetyo (Universitas Gadjah Mada) Evaluasi Spasial Lokasi Kantor Pemerintahan Berdasarkan Model Area Layanan Di Kabupaten Bogor <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 93-100</i></p> <p>Penelitian ini mencoba mengeksplorasi secara teknis kondisi eksisting keberadaan kantor-kantor pelayanan publik di Kabupaten Bogor dalam konteks keruangan (spasial). Basis metode dalam penelitian ini yaitu analisis jaringan, di mana dalam konteks kewilayahan, metode tersebut memungkinkan untuk menyelidiki bagaimana struktur perkotaan dan pola aktivitas yang diakomodasi di dalamnya berinteraksi satu sama lain.</p> <p style="text-align: right;">(Susetyo)</p> <p>Kata kunci: analisis jaringan, area layanan, kantor pemerintahan, Kabupaten Bogor</p>

DDC 526.8

Tamara (Badan Pusat Statistik)

Model Klasifikasi untuk Prediksi Fase Pertumbuhan Padi
Dengan Machine Learning Berdasarkan Citra Satelit

Majalah Ilmiah Globe, Vol 23 No 2, Hal 101-112

Tujuan penelitian kami yaitu membangun model klasifikasi untuk prediksi fase pertumbuhan padi sebagai upaya dalam mendukung keakuratan data padi. Pemodelan multi kelas dilakukan dengan teknik machine learning yaitu Random Forest dan Support Vector Machine. Penelitian ini menggunakan citra Landsat-8 dan Sentinel-2 sebagai fitur yang disupervisi oleh data Kerangka Sampling Area (KSA) dari BPS sebagai variabel target.

(Tamara)

Kata kunci: klasifikasi fase pertumbuhan padi, fitur statistik temporal, Kerangka Sampel Area

LEMBAR ABSTRAK (EN)

Globë Scientific Magazine (MAJALAH ILMIAH GLOBë)	
P-ISSN 1411-0512/E-ISSN 2502-2172	Cibinong, Oktober 2021
<i>The keywords given are free terms. This abstract sheet may be reproduced without permission or charge</i>	
<p>DDC 622.526 Arimjaya (Universitas Indonesia) <i>Measurement of Variability of COVID-19 Information in The Web-GIS Bogor City Case Study</i> <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal. 61-72</i></p> <p><i>This study aims to measure Bogor City's COVID-19 data and information variability, measure the implications of the variation in this data, and develop a WEB-GIS of Bogor City COVID-19 with the principle of one data and one map. This study uses a descriptive quantitative approach based on questionnaires, interviews, and self-observations. Questions were arranged based on the Likert Scale with five scales. The WEB-GIS was built using the ArcGIS Online framework and evaluated with Lighthouse on Google Chrome.</i></p> <p style="text-align: right;">(Arimjaya)</p> <p>Keywords: ArcGIS Online, geospatial data, geospatial information, descriptive quantitative, one Indonesian data, GIS, COVID-19, likert scale</p>	<p>DDC 620.4285 Nurrohman (Universitas Gadjah Mada) <i>Assessment of Water Surface Vulnerability to Pollution Using Remote Sensing Data and GIS Techniques</i> <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 73-80</i></p> <p><i>This research aims to analyze water surface vulnerability towards the pollution on the Cimanuk watershed. The research method uses the overlay method on Geographic Information System (GIS) with land use, slope and average annual rainfall parameters. Land use map obtained from Sentinel-2B satellite images, slope map from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and average annual rainfall from BMKG monitoring data.</i></p> <p style="text-align: right;">(Nurrohman)</p> <p>Keywords: Cimanuk Watershed, Environmental Fragility, Sentinel-2</p>
<p>DDC 690.0285 Yanuar (Badan Informasi Geospasial) <i>Mapping Service Area dan Healthcare Facility Accessibility Index in Kulon Progo Regency using GIS</i> <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 81-92</i></p> <p><i>This study aims to measure the spatial accessibility of healthcare facilities in Kulon Progo Regency. Spatial accessibility is measured based on the healthcare service area and accessibility index. This research used the following data: healthcare facilities location, residential buildings, and road networks. The speed of each road segment in the network was corrected by the slope extracted from National Digital Elevation Model (DEMNAS).</i></p> <p style="text-align: right;">(Yanuar)</p> <p>Keywords: accessibility, network analysis, healthcare facilities, accessibility index</p>	<p>DDC 771.526 Susetyo (Universitas Gadjah Mada) <i>Spatial Evaluation of Government Offices based on Service Area Model in Bogor Regency</i> <i>Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 93-100</i></p> <p><i>This research tried to explore the existing condition of public services offices in Bogor Regency from a spatial context. The basis in this research is network analysis, wherein spatial context, this method enables to find out the interaction between urban structures and their activity pattern.</i></p> <p style="text-align: right;">(Susetyo)</p> <p>Keywords: network analysis, service area, government offices, Bogor Regency</p>

DDC 526.8

Tamara (Badan Pusat Statistik)

Classification Model for Paddy Growth Phase Prediction with Machine Learning Based on Satellite Imagery

Majalah Ilmiah Globë, Vol 23 No 2, Hal 101-112

This research aimed to build a classification model for predicting the paddy growth phase to support paddy data accuracy. Multi-class modeling was carried out using machine learning techniques: Random Forest and Support Vector Machine. This research used Landsat-8 and Sentinel-2 imagery data as features that were supervised by Area Sampling Frame (ASF) data from Statistics Indonesia as the target variable.

(Tamara)

Keywords: *Temporal statistical features, area sampling frame, paddy growth phase classification*

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Majalah Ilmiah Globe Volume 23 No. 2 Oktober 2021 dapat kembali terbit. Dengan semangat untuk selalu memberikan yang terbaik, redaksi berharap agar setiap edisinya semakin berkualitas dengan memuat hasil penelitian yang berguna dan sesuai perkembangan di bidang Informasi Geospasial Tematik, antara lain mencakup Analisis Tematik (Hidrologi, Geomorfologi, Penginderaan Jauh, Kartografi, dan Geografi Fisik), dan Aplikasi Sistem Informasi Geografi.

Majalah Ilmiah Globe Volume 23 No. 2 Oktober 2021 ini menyajikan berbagai tulisan penelitian yang terdiri dari tujuh karya tulis ilmiah oleh penulis dari beberapa instansi yaitu Universitas Indonesia, Universitas Gadjah Mada, Badan Informasi Geospasial dan Badan Pusat Statistik. Karya tulis ilmiah yang dimuat pada edisi ini yang pertama bertujuan untuk mengukur variabilitas data dan informasi COVID-19 Kota Bogor, mengukur implikasi dari adanya variasi data tersebut dan membangun WEB-GIS COVID-19 Kota Bogor dengan prinsip satu data dan satu peta. Naskah kedua bertujuan untuk menganalisis kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk menggunakan metode *overlay* dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan parameter penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan rata-rata curah hujan tahunan. Naskah ketiga menghitung aksesibilitas spasial fasyankes di Kabupaten Kulon Progo. Naskah keempat mencoba mengeksplorasi secara teknis kondisi eksisting keberadaan kantor-kantor pelayanan publik di Kabupaten Bogor dalam konteks keruangan (spasial). Naskah kelima bertujuan untuk membangun model klasifikasi untuk prediksi fase pertumbuhan padi sebagai upaya dalam mendukung keakuratan data padi.

Redaksi mengucapkan terima kasih atas kontribusi para penulis, editor, mitra bestari, dan berbagai pihak sehingga edisi ini dapat diterbitkan. Juga kepada pembaca yang budiman, kami harapkan saran dan kritik serta sumbangan pemikiran untuk perbaikan dan kemajuan Majalah Ilmiah Globe ini kedepan. Semoga terbitan ini bermanfaat bagi pembaca.

Cibinong, 29 Oktober 2021

Redaksi

PENGUKURAN VARIABILITAS INFORMASI COVID-19 DALAM WEB-GIS Studi Kasus Kota Bogor

(Measurement of Variability of COVID-19 Information in The Web-GIS
Bogor City Case Study)

I Wayan Gede Krisna Arimjaya^{1,2}, Mangapul Parlindungan Tambunan¹, Rudy Parluhutan Tambunan¹,
Muhammad Dimiyati¹

¹Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

²Badan Informasi Geospasial
Kampus UI Depok 16424, Jawa Barat
E-mail: i.wayan09@ui.ac.id

Diterima: 3 Februari 2021; Direvisi: 30 Juli 2021; Disetujui untuk Dipublikasikan: 22 September 2021

ABSTRAK

Dalam perspektif geografis, COVID-19 dilihat sebagai data yang dapat diolah menjadi informasi dan dimodelkan secara spasial. Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia, tata kelola data dan informasi yang baik dilaksanakan dengan menerapkan prinsip Satu Data Indonesia. Penerapan standar data, metadata, interoperabilitas data, dan kode referensi dan/atau data induk sangat penting untuk mewujudkan sinergi antar-pemangku kepentingan. Variasi data dan informasi COVID-19 antara portal Kota Bogor dengan portal Provinsi Jawa Barat mengindikasikan kebijakan satu data Indonesia belum berjalan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur variabilitas data dan informasi COVID-19 Kota Bogor, mengukur implikasi dari adanya variasi data tersebut dan membangun WEB-GIS COVID-19 Kota Bogor dengan prinsip satu data dan satu peta. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif berdasarkan kuesioner, wawancara, dan observasi. Pertanyaan disusun menggunakan Skala *Likert* dengan 5 ukuran skala. WEB-GIS dibangun menggunakan *frame work ArcGIS Online* dan dievaluasi dengan *Lighthouse* pada Google Chrome. Hasil survei menunjukkan variasi data terjadi di sebagian besar kecamatan di Kota Bogor. Hanya Kecamatan Bogor Timur yang memiliki variasi terendah. Implikasi dari adanya variasi data dan informasi COVID-19 di Kota Bogor berada pada kategori cukup netral dengan skor 58,77. Pemerintah perlu lebih gencar mensosialisasikan data dan informasi COVID-19 Kota Bogor. WEB-GIS COVID-19 berhasil dibuat berupa *web map application* dengan nilai rata-rata hasil uji 87% pada perangkat *mobile* dan 85% pada perangkat *desktop*.

Kata kunci: *ArcGIS Online*, data geospasial, informasi geospasial, kuantitatif deskriptif, satu data Indonesia, SIG, COVID-19, skala *likert*

ABSTRACT

From a geographical perspective, COVID-19 was defined as data processed into information and modelled spatially. Based on Presidential Regulation Number 39 of 2019 concerning One Indonesian Data, good governance of data and information is implemented by applying the principle of One Indonesian Data. Applying data standards, metadata, data interoperability, and data reference is essential to create synergies between stakeholders. The variation of COVID-19 data and information between the Bogor City portal and the West Java Province portal indicates that Indonesia's one-data policy was not implemented. This study aims to measure Bogor City's COVID-19 data and information variability, measure the implications of the variation in this data, and develop a WEB-GIS of Bogor City COVID-19 with the principle of one data and one map. This study uses a descriptive quantitative approach based on questionnaires, interviews, and self-observations. Questions were arranged based on the Likert Scale with five scales. The WEB-GIS was built using the ArcGIS Online framework and evaluated with Lighthouse on Google Chrome. The results show that the variations occur in most districts in Bogor City. Only East Bogor District had the lowest variation. The implication of the variations was in the neutral category, with a score of 58.77. The government needs to be more intense in disseminating COVID-19 data and information in Bogor City. WEB-GIS COVID-19 was successfully created in a web map application with an average test result score, 87% on mobile and 85% on desktop devices.

Keywords: *ArcGIS Online*, geospatial data, geospatial information, descriptive quantitative, one Indonesian data, GIS, COVID-19, likert scale,

PENDAHULUAN

Dalam perspektif geografis fenomena COVID-19 dapat dilihat dengan mengkaji hubungan antara wabah penyakit dengan perilaku manusia. Dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), COVID-19 tidak hanya dilihat sebagai penyakit, melainkan juga sebagai data yang dapat diolah menjadi informasi dan dimodelkan secara spasial. Data dan informasi tersebut akan menjadi faktor pendorong bagaimana manusia bertindak dan mengambil keputusan. Semua data dan informasi tersebut harus akurat dan sesuai dengan ketentuan peraturan yang berlaku.

Berdasarkan UU No. 4 (2011) tentang Informasi Geospasial, Data Geospasial (DG) adalah data tentang lokasi geografis dari suatu objek dengan berbagai karakteristiknya. Informasi Geospasial (IG) adalah DG yang telah diolah sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan dan kebijakan. Sedangkan Informasi Geospasial Tematik (IGT) adalah IG yang menggambarkan tema tertentu. Dengan demikian, penyelenggaraan IG yang meliputi pengumpulan, penyimpanan, dan penyebarluasan data dan informasi COVID-19 berupa WEB-GIS merupakan salah satu bentuk IGT yang terikat dengan ketentuan peraturan perundangan yang berlaku. Lebih lanjut, pada pasal 19 ditegaskan bahwa IGT wajib mengacu pada Informasi Geospasial Dasar (IGD).

Tata kelola data pemerintah kini diatur lebih lanjut dalam Peraturan Presiden No. 39 (2019) tentang Satu Data Indonesia (SDI). Dalam penyelenggaraan SDI, fakta-fakta COVID-19 di Indonesia, baik berupa data statistik, data geospasial, dan data keuangan harus memenuhi prinsip SDI yang meliputi: standar data, metadata, interoperabilitas data; dan kode referensi dan/atau data induk. Prinsip ini bertujuan untuk memberikan acuan, menyediakan data yang akurat, transparansi data, dan mendukung sistem statistik nasional yang berguna sebagai alat pengambilan kebijakan dalam perencanaan pembangunan.

Soegiono (2017), mengkaji bagaimana implementasi *open data* dapat menjadi kunci penting dalam pencegahan dan pemberantasan korupsi. Hasil penelitian merekomendasikan agar penerapan *open data* dilakukan di daerah percontohan terlebih dahulu sebelum ke skala nasional. Pada saat ini, dengan adanya portal data.go.id, penerapan *open data* pemerintah telah berada pada level nasional. Portal Satu Data Indonesia sudah menjadi objek beberapa penelitian untuk mengembangkan sistem *data harvesting* (Faiz et al., 2019; Wicaksono et al., 2018). Wicaksono (2018) mencoba mengintegrasikan data dari beberapa *platform* yang berbeda menggunakan *comprehensive kerbal archive network* (CKAN) dengan memanfaatkan informasi dari metadata. Sementara Faiz (2019) mencoba membantu pencarian data dari portal *open data* dan integrasinya menggunakan *framework* OD2WD.

Kesimpulan dalam penelitian ini bahwa metadata dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi tautan. Dengan demikian, keberadaan "metadata" sebagai salah satu prinsip SDI sangat penting. Berbeda dengan penelitian lainnya, sebagai implementasi dari kebijakan SDI, Rahmatika (2019) melakukan pengukur *maturity level* portal *open data* BPS dengan OD-MM. Hasilnya menunjukkan bahwa memang benar sudah terdapat prosedur dan standar dalam pelaksanaan *open data* pemerintah, namun implementasinya masih sebatas formalitas. Dalam penelitian tersebut dia telah menerapkan prinsip-prinsip SDI sebagai bagian dari variabel penelitian.

Franch-Pardo (2020) menemukan setidaknya ada 63 artikel terkait pemanfaatan SIG untuk penanggulangan pandemik COVID 19. Dia mengelompokkannya menjadi 5 kategori meliputi: analisis spasial-temporal, geografi sosial dan kesehatan, lingkungan, *data mining*, dan pemetaan berbasis web. Beberapa penelitian di Indonesia antara lain: Membangun aplikasi WEB-GIS penyebaran COVID-19 di Salatiga dengan *Java script Leaflets* (Rondonuwu et al., 2020); Mengusulkan pemanfaatan WEB-GIS yang mudah diakses untuk penyampaian informasi dan edukasi ke masyarakat (Yuhfizar et al., 2020); Menganalisis pengaruh angin pada pandemi COVID-19 di Jakarta menggunakan *wind roses analysis* (Rendana, 2020); dan Memetakan sebaran populasi risiko tinggi kejadian COVID-19 di Kota Padang menggunakan ArcGIS (Yuniarti et al., 2020). Namun demikian, belum ada penelitian yang mengkaji penerapan prinsip-prinsip SDI untuk pengembangan SIG. Penelitian terkait SDI juga masih sebatas implementasi dalam tataran kebijakan dan pemanfaatan portal SDI untuk *data harvesting*.

Berdasarkan Keppres No. 12 (2020), fenomena COVID-19 telah ditetapkan sebagai bencana nasional, oleh karena itu, penanganan bencana non-alam ini dilaksanakan oleh Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19 melalui sinergi antar-kementerian/lembaga dan pemerintah daerah. Oleh karena itu, penerapan prinsip-prinsip SDI dalam tata kelola data pemerintah terkait COVID-19 sangat penting untuk mencapai sinergi tersebut.

Situs portal BNPB (2020) mencatat 44 situs portal COVID-19 yang terdiri dari 2 situs nasional, 8 situs tematik kementerian/lembaga dan universitas, serta 34 situs pemerintah daerah provinsi. Dari hasil penelusuran pada tanggal 16 Oktober 2020 pukul 17:30 WIB, ditemukan perbedaan data antar-portal COVID-19. Pada halaman Pusat Informasi & Koordinasi COVID-19 Kota Bogor (Diskominfo Kota Bogor, 2020) tercatat: kasus terkonfirmasi; masih sakit/dalam perawatan; sembuh; dan meninggal berturut-turut adalah 1.718; 340; 1.319; dan 59, sementara pada portal daerah Provinsi Jawa Barat (Pemprov Jawa Barat, 2020) tercatat: 1.684; 565; 1.080; dan 39. Selain itu, sajian peta tematik COVID-19 level kelurahan pada portal daerah

Provinsi Jawa Barat masih belum mengacu pada informasi geospasial dasar. Berdasarkan fakta-fakta tersebut, pertanyaan penelitian adalah: Bagaimana variabilitas data dan informasi COVID-19 Kota Bogor yang dipublikasikan ke masyarakat? Bagaimana implikasi dari variasi data dan informasi tersebut? Bagaimana mengolah data dan informasi geospasial sesuai prinsip satu data dan satu peta?

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur variabilitas data dan informasi COVID-19 Kota Bogor yang dipublikasikan ke masyarakat; mengukur implikasi data dan informasi yang bervariasi terhadap masyarakat dan pemangku kepentingan Kota Bogor; dan membangun WEB-GIS COVID-19 Kota Bogor dengan prinsip satu data dan satu peta. Data dan informasi yang diteliti sesuai dengan prinsip SDI terbatas pada data statistik dan data spasial COVID-19 Kota Bogor.

Data dan Informasi

Data adalah sumber daya nasional yang berharga dan aset strategis bagi pemerintah dan masyarakat Indonesia (Wicaksono et al., 2018). Tata kelola data pemerintahan diatur dalam Peraturan Presiden No. 39 (2019) tentang Satu Data Indonesia. Dalam peraturan ini, data adalah catatan atas kumpulan fakta atau deskripsi berupa angka, karakter, simbol, gambar, dan/atau bunyi, yang merepresentasikan keadaan sebenarnya. Secara sederhana, dalam konsep “*from data to wisdom*” Ackoff (1989) dalam Chen et al. (2008) mendefinisikan data sebagai simbol, sedangkan informasi adalah data yang telah diolah sehingga berguna memberikan jawaban atas pertanyaan “siapa”, “apa”, “di mana” dan “kapan”. Kemudian pengetahuan adalah penerapan dari data dan informasi sehingga memberikan jawaban atas pertanyaan “bagaimana”.

Sistem Informasi Geografi

Sistem informasi geografi (SIG) adalah suatu sistem komputer yang digunakan untuk menangkap, menyimpan, meng-*query*, menganalisis, dan menyajikan data geospasial (Chang, 2018). Chang membagi SIG menjadi empat komponen meliputi *hardware*, *software*, *people* dan *organization*. Sementara Supriatna (2018) membagi SIG ke dalam lima komponen yang meliputi: perangkat keras; perangkat lunak; data dan informasi; sumber daya manusia; dan kebijakan dan prosedur. Terdapat perangkat keras yang berfungsi untuk menjalankan sistem dan menyimpan data, perangkat lunak yang berfungsi mengolah data menjadi informasi dan sumber daya yang mengoperasikan sistem dan menganalisis hasil dari olahan tersebut. Penambahan komponen organisasi dan kebijakan karena SIG tidak lepas dari fungsinya untuk menyederhanakan fenomena sehingga dapat ditemukan solusi dan keputusan yang dapat diambil.

Keberadaan situs portal (*GIS-dashboard*) hanyalah sebagai permulaan saja bagaimana SIG dan teknologi informasi lokasi dapat mendukung usaha penanggulangan wabah penyakit (Boulos & Geraghty, 2020). Para peneliti ataupun pengembang SIG harus mendasari pekerjaan mereka dengan *data input* yang bersih dan penyajian hasil yang lugas berdasarkan teori dan teknik yang dapat diterapkan. Hanya dengan itulah temuan atau rekomendasi berdasarkan analisis SIG benar-benar dapat digunakan untuk pelayanan kesehatan atau pengendalian penyakit (Matthews, 1990). Oleh karena itu penyelenggaraan situs portal COVID-19 harus memenuhi prinsip-prinsip Satu Data Indonesia.

Satu Data Indonesia

Satu Data Indonesia (SDI) adalah kebijakan tata kelola data pemerintah untuk menghasilkan data yang akurat, mutakhir, terpadu, dan dapat dipertanggungjawabkan, serta mudah diakses dan dibagipakaikan antar-instansi pusat dan daerah berdasarkan prinsip-prinsip SDI yaitu: standar data, metadata, interoperabilitas data, dan penggunaan kode referensi dan/atau data induk (Presiden Republik Indonesia, 2019). Kebijakan ini merupakan inisiatif dari Kantor Staf Presiden (KSP) untuk meningkatkan pemanfaatan data pemerintah melalui portal data.go.id (Wicaksono et al., 2018).

Standar Data

Standar data adalah standar yang mendasari data yang meliputi konsep, definisi, klasifikasi, ukuran dan satuan data (Presiden Republik Indonesia, 2019). Pada Peraturan tentang Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) (Menteri Kesehatan, 2020), ditetapkan standar definisi operasional yang baru yaitu: Kasus Suspek, Kasus Probable, Kasus Konfirmasi, Kontak Erat, Pelaku Perjalanan, Discarded, Selesai Isolasi, dan Kematian, menggantikan definisi operasional sebelumnya.

Metadata

Metadata didefinisikan sebagai informasi dalam bentuk struktur dan format yang baku untuk menjelaskan data (Presiden Republik Indonesia, 2019). Metadata adalah salah satu infrastruktur yang vital, namun standar metadata sering kali kurang diperhatikan sampai krisis melanda (Schriml et al., 2020). Metadata diakui sebagai elemen penting untuk pencarian yang efisien dan efektif terhadap data geospasial yang dipublikasi dalam infrastruktur data spasial (SDI) (Giuliani et al., 2016). Portal COVID-19 merupakan salah satu bentuk SDI di mana metadata merupakan salah satu infrastruktur yang penting.

Interoperabilitas Data

Interoperabilitas data adalah kemampuan data untuk dibagi pakaikan. Untuk memenuhi kaidah ini, data harus disimpan dengan konsisten dalam bentuk, struktur penyajian dan disimpan dalam format terbuka yang dapat dibaca sistem elektronik (Presiden Republik Indonesia, 2019). Demikian pula interoperabilitas metadata. Interoperabilitas metadata mengizinkan berbagai sistem melakukan pertukaran metadata dan memastikan metadata yang disimpan dapat diakses dan ditemukan secara akurat, mudah diinterpretasi dan diintegrasikan sehingga dapat digunakan pada aplikasi yang berbeda (Giuliani et al., 2016; Nativi et al., 2013).

Kode Referensi dan Data Induk

Kode referensi adalah karakter yang menggambarkan norma tertentu sebagai rujukan identitas data yang bersifat unik. Sedangkan data induk adalah data yang merepresentasikan objek dalam proses bisnis pemerintah yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan untuk digunakan bersama (Presiden Republik Indonesia, 2019). Sebagai contoh adalah data tabulasi COVID-19 berdasarkan wilayah administrasi harus berdasarkan pada peraturan tentang Kode dan Data Wilayah Administrasi Pemerintahan (Menteri Dalam Negeri, 2019). Semua penulisan nama dan ID administrasi pemerintahan harus sama dan mengacu pada kode referensi dan data induk yang telah ditetapkan .

METODE

Lingkup area kajian adalah Kota Bogor yang meliputi masyarakat Kota Bogor dan Pemerintah Daerah Kota Bogor dalam hal ini Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Bogor. *Hardware* yang digunakan untuk membangun WEB-GIS adalah Laptop DELL Inspiron 15 7000 Gaming dengan *processor* Intel core i7-7700HQ 2.80GHz (8CPUs), 16 GB RAM, dan *graphic card* NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti. *Software* yang digunakan pada penelitian ini meliputi Microsoft Excel, Microsoft Forms, *software* ArcGIS online dan ArcGIS Pro 2.6 dengan lisensi Universitas Indonesia dan/atau *personal use license*.

Alur dan Variabel Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan penelitian pertama dan kedua tentang variabilitas data dan informasi COVID-19 Kota Bogor dan implikasi dari variasi data tersebut terhadap masyarakat dan pemangku kepentingan, dilakukan pengukuran variabilitas dan implikasi variasi data dan informasi COVID-19 Kota Bogor. Pengukuran dilakukan dengan tiga pendekatan metode pengumpulan data

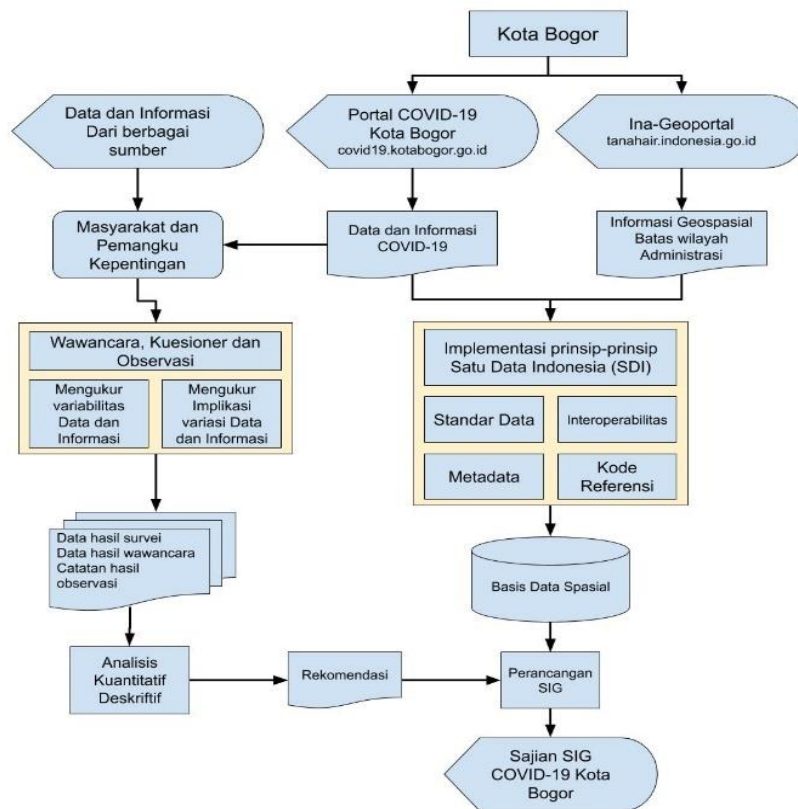
yaitu: wawancara, kuesioner, dan observasi langsung. Sedangkan, untuk menjawab pertanyaan penelitian ketiga tentang mengolah data dan informasi geospasial dalam portal COVID-19 Kota Bogor sesuai prinsip satu data dan satu peta, dibuat WEB-GIS COVID-19 Kota Bogor sebagai sebuah model penerapan kebijakan satu data dan satu peta. Alur kerja penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1** dan variabel-variabel yang menjadi objek penelitian dijelaskan pada **Tabel 1**.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil survei variabilitas data diperoleh dengan menggunakan kuesioner elektronik yang didistribusikan ke masyarakat Kota Bogor melalui Bidang Komunikasi dan Informasi Publik, Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Bogor, pada tanggal 27 November s.d. 2 Desember 2020. Sedangkan untuk data survei berupa wawancara, karena kondisi pandemi, maka tidak dilakukan secara tatap muka langsung. Wawancara dilakukan secara *online* melalui aplikasi *video meeting* dan/atau melalui formulir elektronik. Populasi survei adalah masyarakat Kota Bogor dan Pegawai Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Bogor dengan kriteria berusia minimal 15 tahun dan tinggal atau berdomisili di wilayah administrasi Kota Bogor. Sedangkan populasi wawancara dipilih dari responden survei dengan metode *stratified random sampling* dengan kriteria mewakili setiap karakteristik responden.

Survei variabilitas data dengan kuesioner elektronik terdiri atas pertanyaan tertutup berupa pilihan ganda untuk membatasi jawaban responden dan pertanyaan terbuka berupa isian singkat untuk mengelaborasi jawaban responden. Untuk mengukur implikasi variasi data digunakan pertanyaan tertutup dengan Skala *Likert*. Skala *Likert* adalah skala yang biasa digunakan untuk mengukur perilaku individu menggunakan 5 pilihan pernyataan meliputi: sangat setuju (SS), setuju (S), tidak memutuskan (TM), tidak setuju (TS), dan sangat tidak setuju (STS) (Budiaji, 2013). Pertanyaan dengan Skala *Likert* terdiri dari 5 pertanyaan positif dan 5 pertanyaan negatif yang dikembangkan berdasarkan penelitian Pangestu (2020).

Informasi responden seperti: usia, jenis kelamin, pendidikan, pekerjaan, dan lokasi geografis/domisili juga dikumpulkan untuk validasi data responden dan elaborasi analisis kuantitatif deskriptif. Sedangkan untuk SIG berbasis SDI, data sekunder yang digunakan bersumber dari instansi terkait. Jenis data, spesifikasi data, dan sumber memperoleh data dijelaskan pada **Tabel 2**.



Gambar 1. Alur kerja penelitian.

Tabel 1. Variabel penelitian.

No	Nama Variabel	Definisi Operasional	Satuan
1	Masyarakat dan Pemangku Kepentingan	Masyarakat adalah masyarakat Kota Bogor yang berdomisili atau tinggal di wilayah administrasi Kota Bogor berdasarkan posisi geografisnya. Pemangku kepentingan adalah pegawai di Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Bogor yang bertugas dalam layanan data dan informasi COVID-19 Kota Bogor.	Responden
2	Data dan Informasi COVID-19	Data dan informasi tabulasi COVID-19 Kota Bogor hingga level RW dan kelurahan.	Kejadian/kasus
3	Informasi Geospasial Batas Wilayah Administrasi	Batas wilayah administrasi RW dan Kelurahan di Kota Bogor.	km ²
4	Data hasil survei	Data yang diperoleh dari pengisian kuesioner oleh masyarakat untuk mengukur variabilitas data dan informasi.	Responden
5	Data hasil wawancara	Hasil wawancara kepada pemangku kepentingan dan masyarakat.	Responden
6	Catatan hasil observasi	Hasil observasi langsung terhadap portal data dan informasi berdasarkan hasil survei.	Pengamatan
7	Rekomendasi	Uraian rekomendasi berdasarkan hasil pengukuran variabilitas dan implikasi variasi data dan informasi.	Rekomendasi
8	Basis Data spasial	Data spasial dan data atribut yang sudah di standarkan berdasarkan prinsip-prinsip SDI dan disimpan di dalam ArcGIS online.	File

Tabel 2. Data input untuk SIG.

No.	Data	Spesifikasi	Sumber Data
1	Data COVID-19 Kota Bogor dan Batas Wilayah Administrasi RW di Kota Bogor	RT, RW, Kelurahan, Kecamatan, dan Keterangan Kategori Kasus. <ul style="list-style-type: none"> • Skala terbesar yang tersedia • Model data vektor poligon • Format Geojason 	Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Bogor
2	Batas Wilayah Administrasi Kelurahan di Kota Bogor	<ul style="list-style-type: none"> • Skala terbesar yang tersedia • Model data vektor poligon • Format shapefile (.shp) 	Badan Informasi Geospasial

Pengolahan dan Analisis Data

Data hasil survei diolah menggunakan Microsoft Excel. Hasil survei variabilitas data dan informasi diolah dengan cara mengelompokkan secara statistik objektif variasi dari jawaban responden. Karena jawaban responden berkaitan dengan data *continue* yang selalu berubah setiap harinya, maka dilakukan observasi mandiri oleh penulis untuk membandingkan data hasil survei pada hari yang sama dengan data portal berdasarkan pengamatan penulis.

Untuk hasil survei implikasi variasi data dan informasi yang berupa jawaban dengan Skala *Likert*, dilakukan perhitungan menggunakan pendekatan metode *system usability scale* (SUS) (Pangestu et al., 2020), dengan rentang skala pengukuran 0 sampai dengan 100. Metode ini dinilai mampu digunakan untuk mengukur implikasi variasi data dan informasi COVID-19 terhadap individu dalam mengambil keputusan. Hasil survei dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Kuantitas variasi data dan informasi COVID-19 dideskripsikan dan dianalisis kemungkinan penyebabnya.

Pengolahan data SIG berbasis SDI baik berupa data spasial maupun data atribut diolah menggunakan ArcGIS Pro 10.6. Data spasial berupa administrasi RW dilakukan validasi konsistensi geometri terhadap data administrasi kelurahan. Proses ini sebagai bentuk implementasi satu peta, di mana IGT selalu mengacu pada IGD. Validasi geometri berupa *topology cleaning* (*must not overlap, must not intersect, must be single part, must not have pseudo nodes, must not have dangle, must not have gaps, no sliver polygon, dan no invalid geometry*).

Data atribut COVID-19 Kota Bogor dikelompokkan berdasarkan administrasi dan berdasarkan kategori kasus sesuai standar definisi operasional. *Join* tabel atribut dengan data spasial dilakukan berdasarkan kode referensi wilayah administrasi. Selanjutnya data diunggah ke dalam portal ArcGIS online. Prinsip-prinsip SDI, hasil survei dan hasil wawancara digunakan sebagai acuan dalam mendesain antarmuka SIG, struktur basis datanya, dan informasi yang disajikan pada ArcGIS online. Untuk menilai performa dari portal SIG yang dikembangkan, digunakan *Lighthouse* pada Google Chrome. *Lighthouse* adalah alat bantu yang bersifat terbuka untuk audit aplikasi berbasis web (Google Developers, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kuesioner yang diedarkan dengan metode *random sampling*, diperoleh 114 sampel yang beragam dan mewakili setiap karakteristik responden. Hasil kuesioner cukup menggambarkan bagaimana latar belakang responden berpengaruh terhadap konteks data dan informasi yang ditanyakan. Dari 114 responden ada 35% yang dapat mengisi data dan informasi

COVID-19 Kota Bogor dengan lengkap dan hanya 10% yang dapat mengisi dengan benar. Sedangkan untuk data dan informasi COVID-19 di tingkat kelurahan, tidak ada responden yang mengisi formulir dengan benar. Walaupun laki-laki mendominasi dalam pengisian kuesioner (74%) berbanding perempuan (26%), ternyata perempuan lebih baik dalam memahami konteks data dan informasi yang ditanyakan dilihat dari kelengkapan isian kuesioner. Dari hasil wawancara dengan responden (Hasan, 2020; Putranto, 2020), diketahui bahwa pengisian survei yang tidak lengkap dikarenakan sajian informasi dari sumber rujukan yang berbeda tidak konsisten. Selain itu, beberapa responden tidak tahu keberadaan sumber informasi tersebut.

Berdasarkan latar belakang pendidikan, responden dengan pendidikan lebih tinggi, secara umum memiliki pemahaman yang lebih baik dalam konteks data dan informasi yang ditanyakan. Untuk usia tidak terlalu mempengaruhi bagaimana informasi itu diterima, sedangkan untuk pekerjaan, responden dengan latar belakang sebagai pengusaha memiliki tingkat pemahaman dan penerimaan informasi yang lebih baik daripada responden dengan latar belakang pekerjaan lainnya. Hal ini diduga karena pengusaha sangat terdampak dan terpengaruh oleh pandemi COVID-19 (Thaha, 2020). Gambaran karakteristik responden ini dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan target distribusi informasi yang tepat ke masyarakat sehingga tujuan penyampaian informasi ke masyarakat oleh pemerintah dapat lebih efektif.

Hasil Pengukuran Variabilitas Data dan Informasi COVID-19 Kota Bogor

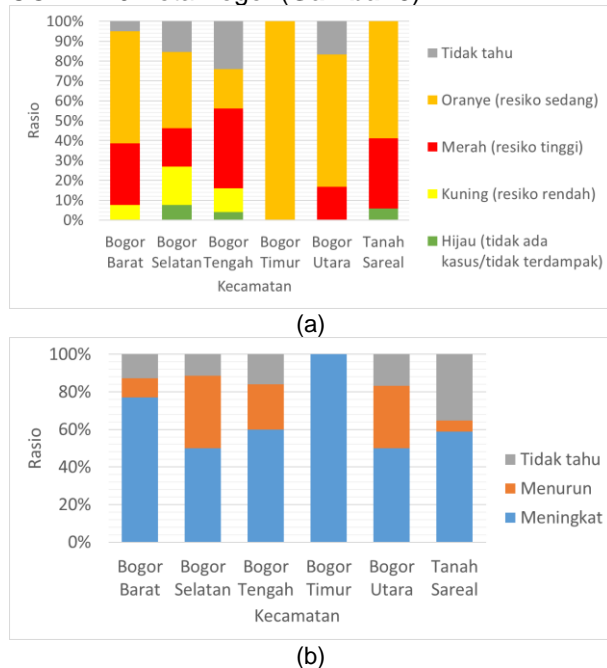
Berdasarkan hasil isian kuesioner, diketahui bahwa 45% responden menyatakan data dan informasi COVID-19 yang mereka dapatkan dari berbagai sumber bervariasi, 21% menyatakan hanya mengacu pada satu sumber dan 20% menyatakan bahwa beberapa sumber yang mereka acui menyajikan data yang sama, dan 14% menyatakan tidak tahu bagaimana variasi data dan informasi yang mereka dapatkan. Variasi tersebut dapat dilihat dari jawaban responden tentang zonasi risiko dan tren pertumbuhan kasus positif di Kota Bogor saat ini. Hanya 46% responden menjawab dengan benar berdasarkan informasi peta risiko yang disajikan pada portal covid19.go.id, (2020) bahwa Kota Bogor berada dalam status zona risiko sedang (oranye). Sedangkan berdasarkan informasi dari sosial media Diskominfo Kota Bogor, ternyata 63% responden menjawab dengan benar bahwa tren pertumbuhan kasus positif di Kota Bogor saat ini meningkat.

Dari data-data tersebut dapat diketahui bahwa untuk memenuhi kebutuhan informasi yang diperlukan, responden mengacu pada beberapa sumber yang berbeda. Hal ini karena suatu sumber tidak dapat memenuhi semua kebutuhan informasi

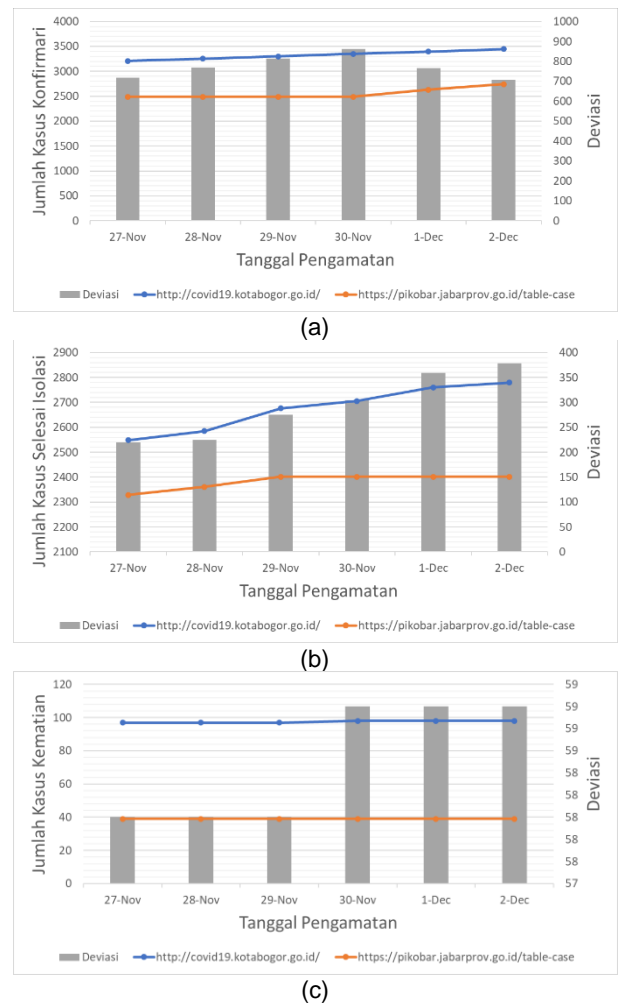
yang diperlukan. Responden yang menjawab dengan benar umumnya berasal dari kelurahan yang sama dengan sumber informasi yang sama. Selain itu, informasi yang diperoleh dari sosial media memberikan penetrasi yang lebih signifikan kepada masyarakat daripada informasi dari situs portal. Hal ini juga terlihat dari 95% responden yang menggunakan perangkat *mobile* untuk mengisi survei. Oleh karena itu, kemudahan akses informasi melalui perangkat *mobile* dan sosial media penting untuk dipertimbangkan dalam setiap rancangan media publikasi data dan informasi. **Gambar 2** menyajikan grafik variasi informasi zonasi dan tren pertumbuhan kasus positif COVID-19 di Kota Bogor.

Variasi data dan informasi tersebut jika dikaitkan dengan lokasi geografis dan domisili responden maka diketahui adanya pola sebaran informasi yang bervariasi di beberapa kecamatan di Kota Bogor. Hanya di Kecamatan Bogor Timur yang memiliki variasi terendah atau tidak ada variasi informasi. Warna yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan adanya variasi, sedangkan warna yang sama menunjukkan tidak ada variasi pada wilayah tersebut. Dari sini diketahui bahwa sosialisasi informasi COVID-19 Kota Bogor dan bagaimana memperoleh informasi yang benar perlu ditingkatkan di sebagian besar wilayah Kecamatan di Kota Bogor.

Berdasarkan hasil observasi langsung selama 6 hari pengamatan dengan membandingkan dua sumber informasi yaitu covid19.kotabogor.go.id dan pikobar.jabarprov.go.id, diketahui bahwa kedua sumber tersebut selalu berbeda dalam menyajikan informasi jumlah kategori kasus COVID-19 Kota Bogor (**Gambar 3**).



Gambar 2. Variasi informasi zonasi (a) dan variasi informasi tren pertumbuhan kasus positif (b), berdasarkan Kecamatan di Kota Bogor.



Gambar 3. Variasi jumlah kasus konfirmasi (a), variasi jumlah kasus selesai isolasi (b), dan variasi jumlah kasus kematian (c) di Kota Bogor.

Perbedaan tersebut menunjukkan prinsip-prinsip SDI belum diterapkan untuk mewujudkan sinergi antara Gugus Tugas dengan kementerian/ lembaga dan pemerintah daerah.

Dari hasil observasi dapat dijelaskan bahwa variabilitas data dan informasi terjadi karena adanya variabilitas data dan informasi dari sumbernya dan karena latar belakang masyarakat yang berbeda dalam memahami data dan informasi yang disajikan. Oleh karena itu prinsip-prinsip Satu Data Indonesia menjadi sangat relevan untuk selalu diterapkan dalam penyajian data dan informasi oleh pemangku kepentingan.

Hasil Pengukuran Implikasi Variasi Data dan Informasi COVID-19 Kota Bogor

Kuantifikasi skala *Likert* cukup sederhana (Pangestu et al., 2020). Setiap jawaban dengan skala *Likert* atas pertanyaan nomor ganjil (pertanyaan positif) dikurangi dengan 1, sedangkan untuk pertanyaan nomor genap (pertanyaan negatif), 5 dikurangi dengan jawaban dalam skala *Likert*, sehingga setiap jawaban akan memiliki nilai tertinggi 4. Nilai dari jawaban setiap pertanyaan kemudian dikalikan 2,5 dan dijumlahkan semua (10 pertanyaan), sehingga total nilai tertinggi adalah

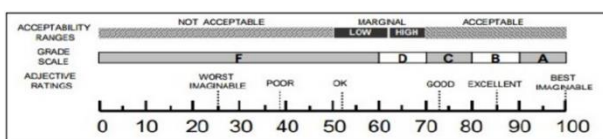
100. Jika responden menjawab dengan konsisten, maka hasil penilaian implikasi variabilitas akan condong ke salah satu kutub (**Gambar 4**). Pernyataan positif akan tegas dijawab dengan sangat setuju (ST), dan pertanyaan kontradiksi akan tegas dijawab dengan sangat tidak setuju (STS). Secara lengkap distribusi jawaban responden dengan skala *Likert* ditunjukkan pada **Gambar 5**.

Pertanyaan 1 dan 2

Berdasarkan hasil isian responden atas pernyataan-pernyataan yang diberikan diketahui bahwa total 87% responden menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa standar data dan informasi COVID-19 sangat penting. Namun responden ternyata cukup sulit menentukan apakah variasi data yang ada menjadi permasalahan bagi mereka. Hal ini tampak dari total 80% responden berada di kuadran tengah (26% setuju, 19% tidak memutuskan, dan 35% tidak setuju). Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa angka jumlah kasus hanya sebatas angka statistik yang tidak terlalu berarti bagi masyarakat umum bila tidak dilengkapi penjelasan deskriptif maksud dari sajian data dan informasi tersebut (Sadarusalam, 2020).

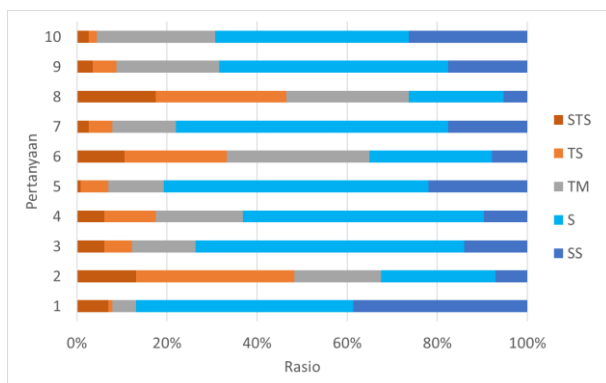
Pertanyaan 3 dan 4

Dalam hal pemahaman terhadap sajian informasi, 74% responden menyatakan tidak mengalami kesulitan dalam memahami data dan informasi COVID-19 yang disajikan, namun saat yang bersamaan 73% responden menyatakan memerlukan bantuan dalam memahami data dan informasi tersebut. Kontradiksi ini menunjukkan sumber informasi yang dirujuk belum cukup memberikan kemudahan dalam memahami informasi yang disajikan.



Sumber: Pangestu et al., (2020)

Gambar 4 Hasil penilaian skala *likert*



Gambar 5 Distribusi responden dengan skala *likert*.

Pertanyaan 5 dan 6

Terkait kejelasan informasi yang disajikan, 81% responden menyatakan sajian pada portal pemerintah telah sesuai standar, namun responden masih sulit menjelaskan standar tersebut apakah sudah cukup konsisten dan cukup jelas. Hal ini tampak dari jawaban responden yang 80% responden berada di kuadran tengah (27% setuju, 32% tidak memutuskan, dan 23% tidak setuju). Hal ini menunjukkan sajian data dan informasi pada portal pemerintah masih perlu diperbaiki dengan menerapkan standar yang konsisten.

Pertanyaan 7 dan 8

Informasi COVID-19 di suatu wilayah digunakan oleh masyarakat sebagai pengetahuan kondisi pandemik di wilayah tersebut. Pengetahuan tersebut dijadikan dasar oleh masyarakat dan pemangku kepentingan untuk mengambil keputusan. Sebagian besar responden (78%) setuju bahwa sajian informasi yang mereka dapatkan dari berbagai sumber memudahkan mereka untuk menentukan sikap dalam beraktivitas dan bekerja sehari-hari. Namun demikian, masyarakat masih belum bisa memberikan jawaban yang tegas apakah sajian informasi yang mereka rujuk sudah cukup jelas atau malah membingungkan. 77% responden masih ragu dan menjawab di kuadran tengah (21% setuju, 27% tidak memutuskan, dan 29% tidak setuju) untuk pertanyaan kontradiksinya.

Pertanyaan 9 dan 10

Terkait dengan pernyataan status pandemi, 69% responden menyatakan mengetahui bagaimana status dan kondisi pandemi di daerahnya masing-masing, namun ketika dihadapkan pada pernyataan kontradiktif, 69% responden juga menyatakan tidak tahu kapan pandemi akan berakhir. Data ini menunjukkan bahwa informasi COVID-19 yang disajikan masih mengutamakan informasi status terkini dari pandemi daripada tren perkembangan pandemi.

Secara keseluruhan, implikasi dari adanya variasi data dan informasi COVID-19 di Kota Bogor berada pada kategori cukup netral dengan skor 58,77. Nilai ini menunjukkan bahwa adanya variasi data tidak terlalu memberikan implikasi kepada masyarakat. Sajian data dan informasi COVID-19 Kota Bogor yang dapat diakses oleh masyarakat cukup dapat memberikan gambaran bagaimana kondisi pandemi di Kota Bogor dan di tiap kelurahannya, namun tidak dapat memberikan implikasi yang positif. Dengan demikian perlu dilakukan sosialisasi yang lebih gencar terkait data dan informasi COVID-19 Kota Bogor, agar masyarakat lebih paham kondisi terkini dan memberikan implikasi yang jelas pada proses pengambilan keputusan. Sajian informasi terkait deskripsi situasi terkini perlu untuk ditonjolkan

ketimbang hanya data statistik saja (Sadarusalam, 2020).

Berdasarkan hasil survei, wawancara, dan observasi, beberapa rekomendasi yang perlu diperhatikan dalam merancang sajian publikasi informasi COVID-19 di Kota Bogor antara lain: standar yang digunakan harus jelas dan konsisten diterapkan dan dipertegas dengan keterangan metadata dan deskripsi yang lebih lengkap agar tidak ada kesalahan interpretasi; Konsistensi penyajian penting untuk diperhatikan ketika sajian informasi diberikan dengan beberapa akses sumber yang berbeda; perangkat *mobile* dan media sosial menjadi pilihan pertama bagi sebagian besar masyarakat dalam mengakses informasi sehingga rancangan publikasi informasi harus mudah diakses melalui perangkat *mobile*; dan sosialisasi media informasi secara berkala melalui perangkat daerah kecamatan, kelurahan, RW, dan RT.

Hasil visualisasi WEB-GIS COVID-19 Kota Bogor dengan menerapkan prinsip SDI

Prinsip-prinsip Satu Data Indonesia menjadi landasan perancangan visualisasi SIG berbasis web. Berdasarkan rekomendasi yang diperoleh dari data primer berupa survei variabilitas, maka rancangan SIG dibuat dengan konsep *mobile app*. Tampilan antara muka yang sederhana, responsif dan mudah diakses dari perangkat *mobile*.

Standar data

Standar data statistik berupa definisi operasional dan deskripsi mengacu pada Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) (Menteri Kesehatan, 2020). Sajian warna juga distandarkan sesuai dengan sajian portal covid19.kotabogor.go.id, agar penerapan pada media yang berbeda selalu konsisten (**Tabel 3**). Untuk sajian tren penambahan jumlah kasus harian masih menjadi batasan dalam penelitian ini karena keterbatasan keterangan atribut pada data tabulasi COVID-19 yang diperoleh.

Standar data spasial berupa peta tematik (Peta Sebaran COVID-19) menggunakan poligon batas administrasi yang mengacu kepada Peta Dasar berdasarkan UU No. 4 Tahun 2011. Berdasarkan riwayatnya, data dari Pemerintah Daerah Kota Bogor adalah data batas administrasi RW hasil survei verifikasi batas RW tahun 2015 dan data batas administrasi kelurahan hasil survei verifikasi batas kelurahan tahun 2019. Sedangkan data batas kelurahan yang diperoleh dari BIG merupakan data dari Pemerintah Daerah Kota Bogor tahun 2019 yang telah diverifikasi dan divalidasi yang dipublikasikan pada Maret 2020. Dengan demikian, data yang digunakan sebagai dasar pembuatan peta tematik adalah data dari BIG dengan riwayat data terbaru.

Data batas RW divalidasi dan diverifikasi terhadap data batas kelurahan. Berdasarkan hasil

validasi geometri dan atribut diketahui bahwa terdapat 46 wilayah administrasi RW yang memerlukan verifikasi lapangan lanjutan. Kondisi pandemi menjadi batasan dalam penelitian ini sehingga verifikasi lapangan belum dapat dilakukan. Oleh karena itu peta tematik yang dirancang hanya berbasis pada administrasi kelurahan.

Tabel 3. Standar definisi operasional, deskripsi dan warna

No.	Definisi Operasional dan Deskripsi	Warna
1	Kontak Erat Orang yang memiliki riwayat kontak dengan kasus Probable atau konfirmasi COVID-19	Hijau (#009688 & #00877a)
2	Kasus Suspek Seseorang dengan gejala ISPA dan memiliki riwayat perjalanan dan/atau riwayat kontak erat dan/atau memerlukan perawatan di rumah sakit	Biru (#00c0ef & #00acd7)
3	Kasus Probable Kasus Suspek dengan ISPA Berat dengan gambaran klinis yang meyakinkan COVID-19 dan belum ada hasil pemeriksaan laboratorium RT-PCR	Oranye (#f39c12 & #da8c10)
4	Kasus Konfirmasi Seseorang yang dinyatakan positif terinfeksi COVID-19, dibuktikan dengan pemeriksaan laboratorium RT-PCR	Merah (#dd4b39 & #c64333)

Metadata

Standar metadata yang digunakan adalah standar metadata pada aplikasi ArcGIS Online yaitu sesuai dengan ISO 19139: 2007 tentang Informasi Geografis. Standar metadata ini memberikan deskripsi dan informasi tentang data geografis format digital. Deskripsi data spasial meliputi ringkasan informasi geografis yang di publikasi, sumber data yang digunakan, dan batasan penggunaan informasi.

Interoperabilitas Data

Penggunaan ArcGIS Online sebagai lingkungan pengembangan aplikasi peta berbasis web juga bertujuan untuk mempermudah integrasi dan interoperabilitas data. Data spasial dengan mudah dipublikasi, dibagikan, diakses melalui *map server*, dan diunduh dengan format Geojason.

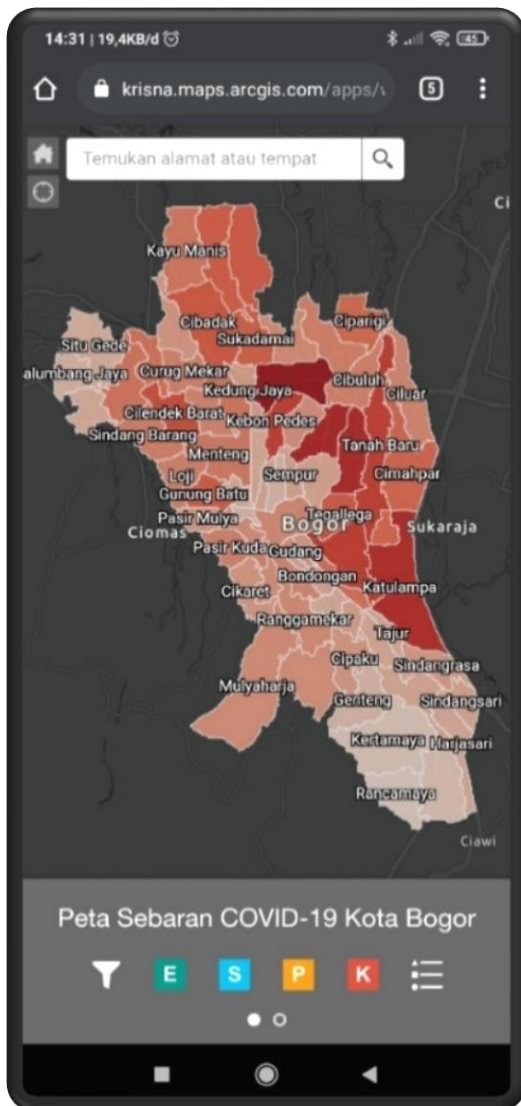
Kode Referensi dan Data Induk

Kode referensi dan penulisan nama wilayah administrasi kelurahan menggunakan Kode dan Data Wilayah Administrasi Pemerintahan (Menteri Dalam Negeri, 2019). Wilayah administrasi kelurahan menggunakan 10-digit nomor meliputi

Kode Provinsi; Kabupaten; Kecamatan dan Kelurahan. Contoh: Kelurahan Kedung Badak (1003), Kecamatan Tanah Sareal (06), Kota Bogor (71), Provinsi Jawa Barat (32), memiliki kode 32.71.06.1003. Data dasar berupa Batas Wilayah Administrasi Kelurahan dari BIG sudah menggunakan kode referensi yang sesuai.

Sajian Antar-Muka Aplikasi

Sesuai dengan konsep sajian aplikasi berbasis *mobile* agar aplikasi menjadi ringan, responsif, dan mudah diakses maka antarmuka dirancang dengan tampilan sederhana namun tetap menyajikan informasi yang cukup (**Gambar 6**). Menu-menu yang disajikan meliputi data statistik jumlah kejadian kasus dengan standar deskripsi dan warna yang sudah ditetapkan; menu filter untuk menyajikan data berdasarkan kecamatan; peta sebaran COVID-19 Kota Bogor per kelurahan; standar sajian kartografi berupa legenda dan skala; penerapan interoperabilitas data dengan menu berbagi, informasi produk, dan menu cetak.



Gambar 6. Tampilan antarmuka aplikasi *mobile* peta sebaran COVID-19 Kota Bogor

Hasil Uji Aplikasi

Uji aplikasi meliputi pengujian *Performance* (P), *Accessibility* (A), *Best Practices* (BP), dan *Search Engine Optimization* (SEO) menggunakan *Lighthouse* pada Google Chrome. Hasil pengujian berupa laporan dapat dijadikan bahan untuk mengevaluasi, memperbaiki, dan meningkatkan performa aplikasi. Aplikasi Peta Sebaran COVID-19 Kota Bogor (arcg.is/1480y9) dan dua aplikasi perbandingan lainnya diuji pada lingkungan antarmuka perangkat *mobile* dan perangkat *desktop*. Perbandingan hasil validasi secara keseluruhan disajikan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**.

Tabel 4. Uji validasi pada perangkat *mobile*.

Aplikasi	P	A	BP	SEO	Rerata
1480y9	69	87	100	92	87
peta-v3	8	61	57	75	50
pikobar	63	60	79	83	71

Tabel 5. Uji validasi pada perangkat desktop.

Aplikasi	P	A	BP	SEO	Rerata
1480y9	78	69	100	91	85
peta-v3	16	61	64	80	55
pikobar	30	65	93	80	67

Keterangan:

1480y9 = <https://arcg.is/1480y9>

Peta-V3 = <http://covid19.kotabogor.go.id/peta-v3/>

Pikobar = <https://pikobar.jabarprov.go.id/distribution-case>

Hasil uji menunjukkan aplikasi yang dikembangkan memiliki performa yang lebih baik daripada dua aplikasi lainnya, dengan nilai rata-rata 87% pada perangkat *mobile* dan 85% pada perangkat desktop. Dua aplikasi lainnya memiliki jumlah layer dan perangkat yang lebih kompleks, sehingga kinerjanya lebih berat. Namun demikian, sesuai dengan hasil survei, kelengkapan aplikasi juga harus didukung dengan performa yang cukup sehingga mudah diakses oleh pengguna. Hal ini penting agar data dan informasi yang ingin dipublikasi dapat diakses dengan mudah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei, variasi data dan informasi COVID-19 di Kota Bogor terjadi di sebagian besar kecamatan di Kota Bogor. Hanya Kecamatan Bogor Timur yang memiliki variasi kecil atau tidak tercatat adanya variasi. Untuk hasil observasi, sajian data dan informasi COVID-19 yang disajikan pada portal Pemerintah Kota Bogor dan portal Pemerintah Provinsi Jawa Barat, selalu menyajikan jumlah data statistik yang berbeda. Perbedaan tersebut menunjukkan prinsip-prinsip Satu Data Indonesia belum terimplementasi dengan baik, belum cukup sinergi antara Gugus Tugas dengan kementerian/lembaga dan Pemerintah Daerah dalam konteks Satu Data COVID-19.

Pengukuran implikasi terhadap variasi data dan informasi COVID-19 Kota Bogor menunjukkan

bahwa variasi tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap bagaimana masyarakat dan pemangku kepentingan mengambil keputusan. Nilai 58,77 pada skala *Likert* menunjukkan sajian data dan informasi yang dapat diakses oleh masyarakat memiliki implikasi dengan katagori cukup netral. Namun demikian, hal ini justru menunjukkan bahwa sajian informasi yang ada belum dapat mempengaruhi perilaku masyarakat. Untuk itu perlu adanya sosialisasi yang lebih baik terhadap keberadaan sumber informasi tersebut agar dapat memberikan dampak langsung. Masyarakat harus benar-benar tahu bagaimana memperoleh informasi yang benar terkait kondisi COVID-19 di daerahnya. Sosialisasi cepat dan tepat dapat dilakukan melalui media sosial dan media komunikasi perangkat kelurahan.

Aplikasi *mobile* Peta Sebaran COVID-19 Kota Bogor yang dibangun dapat menunjukkan kinerja yang cukup baik dengan nilai rata-rata 87% pada perangkat *mobile* dan 85% pada perangkat desktop. Namun demikian, informasi yang disajikan masih terbatas jika dibandingkan dengan dua aplikasi yang sudah ada. Dalam pengembangan aplikasi, perlu ada keseimbangan antara kelengkapan informasi dan kinerja aplikasi. Menurut hasil survei dan wawancara, sajian deskripsi informasi yang lugas dan singkat dapat lebih memberikan dampak daripada hanya sekedar sajian data statistik. Pengembangan dan optimalisasi sistem pada aplikasi juga dapat dilakukan berdasarkan laporan uji kinerja dari *Lighthouse* pada *Google Chrome*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik karena adanya dukungan data dan informasi dari Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Bogor, Badan Pusat Statistik Kota Bogor, dan Badan Informasi Geospasial, serta dukungan Beasiswa Saintek dari Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional. Atas dukungan dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, 16(1), 3–9.
- BNPB. (2020). Indonesia COVID-19 Hub Site. Retrieved October 16, 2020, from <https://bnpb-inacovid19.hub.arcgis.com>
- Boulos, M. N. K., & Geraghty, E. M. (2020). *Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbr.* BioMed Central.
- Budiaji, W. (2013). Skala pengukuran dan jumlah respon skala likert. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 2(2), 127–133.
- Chang, K.-T. (2018). *Introduction to geographic information systems* (Vol. 9). McGraw-Hill Boston.
- Chen, M., Ebert, D., Hagen, H., Laramée, R. S., Van Liere, R., Ma, K.-L., ... Silver, D. (2008). Data, information, and knowledge in visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(1), 12–19.
- Diskominfo Kota Bogor. (2020). Pusat Informasi & Koordinasi COVID-19. Retrieved October 16, 2020, from <http://www.covid19.kotabogor.go.id/>
- Faiz, M., Wisesa, G. M. F., Krisnadi, A. A., & Darari, F. (2019). OD2WD: From Open Data to Wikidata through Patterns. *WOP@ ISWC*, 2–16.
- Franch-Pardo, I., Napolitano, B. M., Rosete-Verges, F., & Billa, L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. *Science of The Total Environment*, 739, 140033.
- Giuliani, G., Guigoz, Y., Lacroix, P., Ray, N., & Lehmann, A. (2016). Facilitating the production of ISO-compliant metadata of geospatial datasets. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 44, 239–243.
- Google Developers. (2020). Lighthouse | Tools for Web Developers | Google Developers. Retrieved November 4, 2020, from https://developers.google.com/web/tools/lighthouse/?utm_source=devtools
- Hasan, S. (2020). *Wawancara*.
- Matthews, S. A. (1990). Epidemiology using a GIS: the need for caution. *Computers, Environment and Urban Systems*, 14(3), 213–221.
- Menteri Dalam Negeri. (2019). *Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 72 Tahun 2019 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 137 Tahun 2017 Tentang Kode dan Data Wilayah Administrasi Pemerintahan*. Jakarta: Kementerian Dalam Negeri.
- Menteri Kesehatan. (2020). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor Hk.01.07/Menkes/413/2020 tentang Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease 2019 (Covid-19)*. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Nativi, S., Craglia, M., & Pearlman, J. (2013). Earth science infrastructures interoperability: the brokering approach. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3), 1118–1129.
- Pangestu, A. Y., Safe'i, R., Darmawan, A., & Kaskoyo, H. (2020). Evaluasi Usability pada Web GIS Pemantauan Kesehatan Hutan Menggunakan Metode System Usability Scale (SUS). *Matrik: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika, Dan Rekayasa Komputer*, 20(01), 19–26.
- Pemprov Jawa Barat. (2020). Pikobar - Pusat Informasi dan Koordinasi COVID-19 Jawa Barat. Retrieved October 16, 2020, from <https://pikobar.jabarprov.go.id/>
- Presiden Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Presiden Republik Indonesia. (2020). *Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2020 tentang Penetapan Bencana Nonalam Penyebaran Corona Virus Disease 2019 (Covid -19) Sebagai Bencana Nasional*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Putranto, E. A. (2020). *Wawancara*.
- Rahmatika, M., Krismawati, D., Rahmawati, S. D., Arief, A., Sensuse, D. I., & Dzulfikar, M. F. (2019). An open government data maturity model: A case study in BPS-statistics Indonesia. 2019 7th *International Conference on Information and*

- Communication Technology (ICoICT)*, 1–7. IEEE.
- Rendana, M. (2020). Impact of the wind conditions on COVID-19 pandemic: A new insight for direction of the spread of the virus. *Urban Climate*, 34, 100680.
- Republik Indonesia. (2011). *Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Rondonuwu, J., Hartomo, K. D., & Chernovita, H. P. (2020). Geographic Information System for Mapping the Spread of COVID-19 in the city of Salatiga. *Journal of Applied Geospatial Information*, 4(2), 403–412.
- Sadariusalam, B. W. H. (2020). *Wawancara*.
- Satuan Tugas Penanganan COVID-19. (2020). Peta Sebaran | Satgas Penanganan COVID-19. Retrieved October 16, 2020, from <https://covid19.go.id/peta-sebaran>
- Schriml, L. M., Chuvochina, M., Davies, N., Eloë-Fadrosch, E. A., Finn, R. D., Hugenholtz, P., ... Meyer, F. (2020). COVID-19 pandemic reveals the peril of ignoring metadata standards. *Scientific Data*, 7(1), 1–4.
- Soegiono, A. N. (2017). Agenda Open Government Memerangi Korupsi Melalui Inisiatif Open Data. *Integritas: Jurnal Antikorupsi*, 3(2), 1–36.
- Supriatna. (2018). *Sistem Informasi Geografis, Analisis dan Aplikasi*. Depok: Departemen Geografi-Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-Universitas Indonesia.
- Thaha, A. F. (2020). Dampak covid-19 terhadap UMKM di Indonesia. *BRAND Jurnal Ilmiah Manajemen Pemasaran*, 2(1), 147–153.
- Wicaksono, B., Rusdianto, D. S., & Brata, A. H. (2018). Pengembangan Sistem Portal Satu Data Indonesia Pada Kantor Staf Presiden Menggunakan Comprehensive Kerbal Archive Network (CKAN). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN, 2548, 964X*.
- Yuhefizar, Asri, E., & Nasrullah. (2020). Rancangan Pemetaan Sebaran Covid-19 di Kota Padang Berbasis Web Geospasial. *Prosiding SISFOTEK*, 4(1), 311–314.
- Yuniarti, E., Hermon, D., Dewata, I., Barlian, E., & Iswandi, U. (2020). Mapping the High Risk Populations Against Coronavirus Disease 2019 in Padang West Sumatra Indonesia. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 20(2), 50–58.

PENILAIAN KERENTANAN AIR PERMUKAAN TERHADAP PENCEMARAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN TEKNIK GIS

(*Assessment of Water Surface Vulnerability to Pollution
Using Remote Sensing Data and GIS Techniques*)

Andy Wibawa Nurrohman¹, Margaretha Widyastuti², dan Slamet Suprayogi²

¹Program Studi MPPDAS, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

²Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Kaliurang, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

E-mail: andywibawan@gmail.com

Diterima: 10 Juni 2020; Direvisi: 19 September 2021; Disetujui untuk Dipublikasikan: 27 September 2021

ABSTRAK

Air permukaan menjadi salah satu sumber daya alam yang paling rentan mengalami pencemaran akibat adanya tekanan dari faktor alami dan aktivitas antropogenik yang kompleks. Hal tersebut menimbulkan kekhawatiran kelangkaan air tawar di masa depan. Oleh karena itu, evaluasi kualitas air secara kontinu diperlukan untuk melestarikan sumber daya air tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk menggunakan metode *overlay* dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan parameter penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan rata-rata curah hujan tahunan. Peta penggunaan lahan didapatkan dari citra Sentinel-2B, kemiringan lereng dari *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) dan data curah hujan rata-rata tahunan berasal dari hasil pemantauan BMKG. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki tingkat kerentanan air permukaan terhadap pencemaran rendah (3,72%), sedang (59,24%), dan tinggi (37,04%). Hasil ini memberikan gambaran bahwa sebagian besar wilayah di DAS Cimanuk memiliki tingkat kerentanan sedang dan tinggi dengan faktor yang paling berpengaruh adalah adanya perubahan penggunaan lahan. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar penentuan titik pemantauan kualitas air di DAS Cimanuk yang efisien.

Kata kunci: DAS Cimanuk, Kerapuhan Lingkungan, Sentinel-2

ABSTRACT

Surface water is a natural resource that is currently most vulnerable to pollution due to the pressure of natural factors and complex anthropogenic activity. This fact raises concern that freshwater will be scarce in the future. Therefore, continuous evaluation of water quality is needed to conserve water resources. This research aims to analyze water surface vulnerability towards the pollution on the Cimanuk watershed. The research method uses the overlay method on Geographic Information System (GIS) with land use, slope and average annual rainfall parameters. Land use map obtained from Sentinel-2B satellite images, slope map from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and average annual rainfall from BMKG monitoring data. The results showed that the research area has a level of vulnerability to water surface towards low pollution (3,72%), moderate (59,24%), and high (37,04%). These results illustrate that most areas in the Cimanuk watershed have a moderate and high level of vulnerability, with the most influential factor to land use change. This information can be used as a basis to efficiently determine monitoring points of water quality in the Cimanuk watershed.

Keywords: Cimanuk Watershed, Environmental Fragility, Sentinel-2

PENDAHULUAN

Pencemaran air permukaan merupakan salah satu permasalahan lingkungan perairan di negara maju dan berkembang. Permasalahan tersebut disebabkan oleh praktik pengelolaan lahan yang tidak sesuai, sehingga memindahkan nutrisi ke badan air (Ngoye & Machiwa, 2004; Pacheco & Sanches Fernandes, 2016). Kegiatan pertanian yang intensif dan dampak urbanisasi yang cepat berkontribusi besar terhadap pencemaran.

Persentase tutupan lahan pertanian secara signifikan berkorelasi positif dengan pencemaran air karena proses pemupukan yang terbawa melalui limpasan permukaan (Tu, 2011). Urbanisasi dikaitkan dengan perubahan penggunaan lahan melalui pembangunan infrastruktur. Ketika suatu kota berkembang, hal ini akan meningkatkan limpasan polutan *Non Point Source* (NPS) (Wilson & Weng, 2010). Selain itu, faktor alami seperti curah hujan dan kondisi topografi menjadi faktor pendorong yang menyebabkan penurunan kualitas

air permukaan. Adanya tekanan dari faktor alami dan antropogenik tersebut mengakibatkan kerentanan air permukaan.

Air permukaan merupakan semua air yang terdapat di permukaan tanah yang tidak mengalami infiltrasi seperti sungai, rawa, dan danau serta banyak dimanfaatkan untuk irigasi, air minum dan industri. Penilaian kerentanan air permukaan terhadap pencemaran penting untuk pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Ada beberapa penelitian terkait dengan kerentanan air permukaan yang telah dilakukan di berbagai negara, seperti di Sub-DAS Gajahwong (Widyastuti & Suprayogi, 2006), Provinsi Jiang Su China (Diamantino, Henriques, Oliveira, Paulo, & Ferreira, 2007)(Diamantino *et al.* 2007), Yordania (Al-adamat, 2017), dan Sungai Andalién di Chili (Arriagada *et al.*, 2019). Penelitian terkait dengan kerentanan air permukaan belum banyak dilakukan dibandingkan dengan air tanah. Akan tetapi, penelitian tersebut memiliki tujuan untuk memperkirakan kerentanan air permukaan terhadap pencemaran dengan metode yang mirip dengan indeks kerentanan air tanah (Al-adamat, 2017; Diamantino *et al.*, 2007). Ada beberapa parameter utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan rata-rata curah hujan tahunan. Penelitian yang sudah dilakukan menggunakan indeks untuk memperkirakan kerentanan air permukaan terhadap pencemaran dengan data parameter yang didapatkan dengan metode Penginderaan Jauh (PJ) dan diproses dengan menggunakan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG). Teknik ini dapat menggabungkan beberapa parameter menjadi

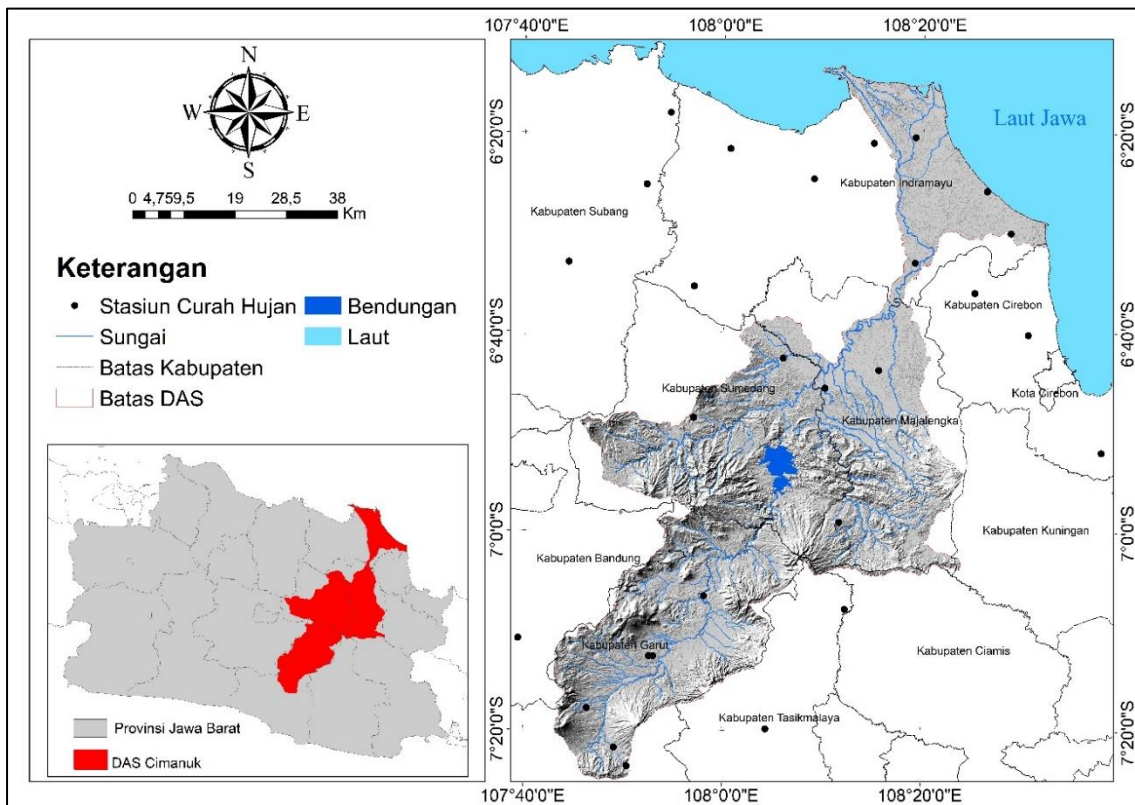
informasi baru yang dapat diandalkan, cepat dan efektif dalam penilaian kerentanan air permukaan (Choudhary, Singh, & Kupriyanov, 2018).

Cimanuk merupakan salah satu DAS prioritas yang terletak di Jawa Barat. Wilayah hilir DAS Cimanuk yang terletak di Kabupaten Indramayu memiliki proporsi lahan permukiman dan pertanian sawah yang cukup banyak. Bagian tengah dari DAS Cimanuk terdapat Waduk Jatigede yang digunakan untuk irigasi pertanian, perikanan, pasokan air bersih dan PLTA, sedangkan di bagian hulunya terdapat industri pengolahan kulit. Wilayah hulu telah mengalami alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian. Curah hujan yang tinggi dan banyaknya lahan kritis akan mendorong terhadap kerentanan air permukaan.

Penelitian tentang kerentanan air permukaan terhadap pencemaran belum pernah dilakukan di DAS Cimanuk. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerentanan air permukaan terhadap pencemaran yang dapat digunakan untuk penentuan titik pemantauan kualitas air yang efektif dan efisien.

METODE

Penelitian ini dilakukan di DAS Cimanuk, Jawa Barat. Berdasarkan letak geografis DAS Cimanuk terletak diantara 07° 041' 00" – 06° 023' 00" LS dan 107° 079' 00" – 108° 030' 05" BT dengan luas sekitar 3.753,9 km² (**Gambar 1**). Sungai Cimanuk berhulu di kaki Gunung Papandayan, mengalir ke arah utara sepanjang 180 km dan bermuara di Laut Jawa.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Kegiatan pertanian yang intensif telah mendorong pencemaran di wilayah ini dari aktivitas pemupukan, sedangkan limbah domestik dan industri mencemari wilayah hulu dan hilir DAS Cimanuk. Hampir sebagian besar lahan kritis tersebar di bagian hulu dan tengah yang menyebabkan erosi lahan sehingga kemungkinan besar akan mempengaruhi penurunan kualitas air permukaan. Dampak tersebut diperparah dengan kondisi geomorfologi di wilayah hulu DAS Cimanuk yang pada umumnya tersusun dari batuan vulkanik dan jenis tanah dengan material lanau sehingga rentan terhadap erosi (Sulaksana, Sukiyah, Sjafrudin, & Haryanto, 2013). Jika tutupan lahan di wilayah ini hilang, maka akan terjadi peningkatan intensitas erosi lahan. Wilayah DAS Cimanuk dipengaruhi oleh dua musim, yaitu musim kemarau dan hujan. Secara umum, musim hujan terjadi pada bulan November- April, sedangkan musim kemarau bulan Juli-September. Pengetahuan tentang intensitas dan frekuensi hujan itu penting karena akan mempengaruhi jumlah *runoff* yang mengalir ke sungai yang akan berkontribusi terhadap penurunan kualitas air.

Data dan Metode Penelitian

Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan didapatkan dari citra satelit resolusi menengah Sentinel 2B yang diperoleh dari *European Space Agency* (ESA), diakses secara gratis dari <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> dengan akuisisi data 1 Juli 2018. Citra Sentinel 2B memiliki resolusi menengah untuk pemetaan penggunaan lahan dengan resolusi spasial 10 meter pada citra multispektral. Sentinel 2B diluncurkan pada tanggal 7 Maret 2017 dan memiliki 13 band yaitu, empat band pada resolusi 10 meter, enam band pada resolusi 20 meter dan tiga band pada resolusi spasial 60 meter.

Beberapa tahapan analisis dilakukan untuk mendapatkan data penggunaan lahan seperti, pemotongan citra, koreksi radiometrik, pengenalan objek penutup lahan dan klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) yang dilakukan dengan bantuan software ArcGIS 10.4.1 dan QGIS. Proses pemotongan citra satelit merupakan salah satu cara untuk memperkecil ukuran file. Koreksi atmosfer dilakukan dengan metode *Dark Object Subtraction* (DOS) dengan bantuan software QGIS. Metode ini terbukti menghasilkan nilai *RMS Error* terkecil dibandingkan dengan metode *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6s)* dan *Modified Dense Dark Vegetation (MDDV)* serta menghasilkan skala pada rentang 0,0-1,0 (Schroeder, Cohen, Song, Canty, & Yang, 2006). Tahapan selanjutnya adalah proses penggabungan citra dilakukan dengan cara mozaik di ArcGIS. Kemudian, untuk mempermudah dalam mengidentifikasi penggunaan lahan pada wilayah DAS Cimanuk menggunakan perpaduan band 11, 8

dan 2 untuk pertanian dengan *Dynamic Range Adjustment* (DRA) (<https://www.arcgis.com>).

Analisis penggunaan lahan menggunakan klasifikasi terbimbing dengan metode *maximum likelihood*. Acuan yang digunakan dalam klasifikasi yaitu SNI No. 7645:2010. Tahapan selanjutnya adalah *Ground Truth* menggunakan data dasar citra SPOT 6 dan *Google Earth* dengan sampel sebanyak 504 berdasarkan hasil *stratified random sampling*. Hasil validasi *ground truth* kemudian dihitung tingkat *overall accuracy* dan *Kappa accuracy* dengan metode matriks kesalahan (*error matrix*).

Matriks kesalahan digunakan untuk membandingkan hubungan antara hasil interpretasi dan cek lapangan. Analisis *Kappa* (K) merupakan teknik multivariasi diskrit yang digunakan untuk menentukan akurasi (Jensen, 2015). Koefisien *Kappa* dengan nilai 1 memiliki arti akurasi mendekati sempurna. Sesuai dengan hasil statistik *Kappa* menurut (Landis, Arbor, & Koch, 1977) yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Analisis *Kappa* menghasilkan statistik *Khat* yang merupakan suatu ukuran akurasi (Congalton, 1991). Statistik *Khat* dihitung dengan persamaan:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- r = jumlah baris dalam matriks;
- Xii = jumlah pengamatan dalam baris I dan kolom I;
- Xi+, X+i = total batas untuk baris I maupun kolom I;
- N = jumlah total pengamatan.

Tabel 1. Kriteria penilaian statistik kappa.

No.	Statistik Kappa	Derajat Persetujuan
1	<0,00	Sangat Kurang
2	0,00 - 0,20	Kurang
3	0,21 - 0,40	Cukup
4	0,41 - 0,60	Sedang
5	0,61 - 0,80	Sangat Diterima
6	0,81 - 1,00	Mendekati Sempurna

Sumber: Landis et al., 1977

Hasil dari analisis *Kappa* akan menentukan keakuratan interpretasi. Sementara itu, peta penggunaan lahan yang sudah dibuat akan digunakan untuk analisis kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk.

Kemiringan Lereng

Data kemiringan lereng dibutuhkan untuk membuat peta kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk. Kemiringan lereng diekstrak dari citra *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) dengan resolusi spasial 30 meter yang dapat diunduh secara gratis dari

<https://earthexplorer.usgs.gov/>. SRTM 30 meter diunduh dalam format grid dan tersedia dalam koordinat geografis di *World Geodetic System 1984* (WGS84). Proses ekstraksi kemiringan lereng menggunakan software ArcGIS 10.4.1 dengan alat "Slope". Output yang dihasilkan dapat berbentuk persentase atau derajat.

Rata-Rata Curah Hujan Tahunan

Data curah hujan tahunan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Metode Interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW) digunakan untuk memperkirakan distribusi curah hujan dengan data stasiun hujan sebanyak 29 yang terdapat di sekitar wilayah penelitian. Metode IDW menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan metode *Spline* dan *Kriging* untuk menginterpolasi data curah hujan (Yang, Xie, Liu, Ji, & Wang, 2015). Oleh sebab itu, metode IDW digunakan dalam penelitian ini untuk menginterpolasi rata-rata curah hujan tahunan.

Indeks Kerentanan Air Permukaan

Konsep awal kerentanan air permukaan yang digunakan pada penelitian ini diadopsi dari (Eimers, Weaver, Terziotti, & Midgette, 2000) dengan parameter yang digunakan: zona vertikal tanah; tutupan lahan; penggunaan lahan; kemiringan lereng dan rata-rata curah hujan tahunan. Sedangkan pada penelitian ini hanya menggunakan tiga parameter yaitu penggunaan lahan, kemiringan lereng dan rata-rata curah hujan tahunan menggunakan metode *Point Count System Model* (PCSM) dengan cara pembobotan dan penilaian pada masing-masing parameter yang berbeda dengan penelitian sebelumnya. Parameter yang digunakan diberi bobot dengan nilai 1-3 dan skor dari 1-10 (Lihat **Tabel 2** dan **Tabel 3**). Kemiringan lereng yang semakin terjal dapat menyebabkan tingkat kerentanan tinggi karena potensi hujan untuk menjadi *runoff* semakin besar, sehingga pencemar berpotensi akan mudah memasuki air permukaan. Rata-rata hujan tahunan yang tinggi juga akan menentukan besarnya kontaminan yang terlarut melalui *runoff* sehingga lebih mudah mencemari air permukaan. Skor yang tinggi menggambarkan parameter tersebut memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap kerentanan air permukaan dan berlaku sebaliknya. Semua data yang digunakan untuk menilai kerentanan air permukaan diproses dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan metode *overlay*. Formula sederhana disajikan sebagai berikut.

$$VI = R_w R_r + T_w T_r + L_w L_r \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- VI = Indeks Kerentanan
- R_w = Bobot Rata-Rata Curah Hujan

- R_r = Skor Rata-Rata Curah Hujan
- T_w = Bobot Kemiringan Lereng
- T_r = Skor Kemiringan Lereng
- L_w = Bobot Penggunaan Lahan
- L_r = Skor Penggunaan Lahan

Tabel 2. Pembobotan parameter kerentanan air permukaan.

Parameter	Bobot
Penggunaan Lahan	3
Rata-Rata Curah Hujan	2
Kemiringan Lereng	1

Sumber: Modifikasi dari (Eimers et al., 2000)

Tabel 3. Kategori faktor dan skor parameter kerentanan air permukaan.

No.	Penggunaan Lahan	Skor
1.	Lahan Terbangun	8
2.	Sawah	7
3.	Perkebunan	6
4.	Perkebunan Campuran	5
5.	Hutan	4
6.	Tambak	1
7.	Badan Air	1
No.	Rata-Rata Curah Hujan (mm/tahun)	Skor
1.	>3000	10
2.	2500-3000	9
3.	2000-2500	7
4.	<2000	5
No.	Kemiringan Lereng (%)	Skor
1.	>70	10
2.	30-70	8
3.	15-30	6
4.	7-15	4
5.	<7	2

Sumber: Modifikasi dari (Eimers et al., 2000)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *overlay* antara parameter penggunaan lahan, kemiringan lereng dan rata-rata curah hujan tahunan dihasilkan peta distribusi kerentanan air permukaan di DAS Cimanuk dengan rentang indeks kerentanan disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Klasifikasi kerentanan air permukaan di DAS Cimanuk.

No.	Indeks Kerentanan	Keterangan
1.	0-18	Kerentanan Rendah
2.	18-36	Kerentanan Sedang
3.	36-54	Kerentanan Tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan yang didapatkan dari hasil interpretasi citra satelit Sentinel 2B menggunakan metode klasifikasi *maximum likelihood* memiliki ketelitian keseluruhan mencapai 85% (*Overall Accuracy*) dan nilai koefisien kappa sebesar 0,81. Hasil dari statistik *Kappa* ini telah menunjukkan hasil mendekati sempurna berdasarkan ketentuan dari (Landis et al., 1977). Penggunaan data hasil dari interpretasi penginderaan jauh untuk penggunaan tertentu membutuhkan akurasi

minimal 85% (Anderson, Hardy, Roach, & Witmer, 1967). Artinya, hasil interpretasi dari citra Sentinel 2B untuk penelitian ini memenuhi kriteria.

Berdasarkan hasil interpretasi, penggunaan lahan di DAS Cimanuk mempunyai 7 jenis penggunaan lahan dengan persentase yang berbeda-beda dengan skala 1: 250.000 diantaranya badan air, tambak, perkebunan campuran, hutan, lahan terbangun, sawah, dan perkebunan (Lihat **Tabel 5**).

Tabel 5. Persentase jenis penggunaan lahan di DAS Cimanuk.

Jenis Penggunaan Lahan	Luas (Km ²)	%
Tambak	103,13	2,75
Sawah	652,85	17,39
Perkebunan	853,18	22,73
Badan Air	49,91	1,33
Lahan Terbangun	337,30	8,99
Perkebunan Campuran	1343,35	35,79
Hutan	414,14	11,03
Total	3.753,9	100

Penggunaan lahan merupakan parameter penting untuk menentukan kerentanan air permukaan terhadap pencemaran. Hutan dengan vegetasi yang lebat dapat melindungi tanah dari erosi, meskipun kemiringan dan curah hujan tinggi. Wilayah hutan dengan vegetasi lebat akan menjadi pelindung yang memperlambat limpasan air hujan (Richardson & Amankwatia, 2019), sebaliknya dengan lahan yang hanya memiliki tutupan vegetasi rendah tidak mampu melindungi tanah dari erosi. Banyaknya lapisan kedap air pada wilayah permukiman (lahan terbangun) akan memungkinkan air hujan mengalir langsung menuju badan air, sehingga mempengaruhi kualitas air permukaan.

Setiap penggunaan lahan akan menghasilkan polutan NPS yang berbeda-beda dan akan masuk ke dalam badan air bersama dengan *runoff*. Persentase perkebunan campuran, perkebunan, sawah, hutan dan permukiman yang besar akan mempengaruhi tingkat kerentanan air permukaan terhadap pencemaran. Lahan pertanian akan menghasilkan limbah dari aktivitas pemupukan, sedangkan permukiman akan menghasilkan limbah domestik.

Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng di wilayah penelitian diekstrak dari data DEM SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dengan resolusi spasial 30 meter. Berdasarkan hasil analisis, DAS Cimanuk mempunyai lima kelas kemiringan lereng yang diklasifikasikan menurut van Zuidam (Lihat **Tabel 6**). Kemiringan di wilayah ini didominasi oleh keadaan lereng yang berkarakter agak landai (<7%) dengan persentase luas 53,62% dari total luas DAS. Wilayah dengan kemiringan lereng agak landai didominasi oleh penggunaan lahan permukiman (lahan terbangun) dan pertanian

sawah mencakup Kabupaten Garut, Sumedang, Majalengka dan Indramayu.

Pada umumnya, kemiringan lereng akan mempengaruhi kecepatan dan arah limpasan air hujan menjadi *runoff* yang akan mempengaruhi tingkat kerentanan di DAS Cimanuk terhadap pencemaran. Hal ini akan berpengaruh terhadap polutan yang terbawa dari penggunaan lahan menuju ke badan air. Faktor topografi seperti kemiringan lereng dan ketinggian menjadi faktor penjas potensial yang akan menjadi jalur pengangkutan polutan masuk ke badan air (Hou, Liang, Zhang, & Hinkelmann, 2015; Pratt & Chang, 2012; Shibata, Sugihara, Mvondo-Ze, Araki, & Funakawa, 2018; Sun, Guo, Liu, & Wang, 2014; Xu et al., 2019).

Kemiringan yang lebih curam akan mempercepat limpasan permukaan dibandingkan dengan kemiringan agak landai, sehingga persentase kemiringan yang lebih besar akan berkontribusi terhadap kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk.

Tabel 6. Luasan tiap kelas kemiringan lereng di DAS Cimanuk.

Kelas Lereng (%)	Keterangan	Luas (Km ²)	%
<7	Agak Landai	2012,89	53,62
7-15	Landai	794,63	21,17
15-30	Agak Curam	611,28	16,28
30-70	Curam	311,26	8,29
>70	Terjal	23,86	0,64
Total		3753,9	100

Rata-Rata Curah Hujan Tahunan

Kondisi curah hujan di DAS Cimanuk dapat ditunjukkan dengan rata-rata curah hujan tahunan yang diambil dari beberapa stasiun hujan di wilayah penelitian. Data curah hujan rata-rata tahunan akan digunakan sebagai salah satu parameter untuk menentukan tingkat kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk. DAS Cimanuk hanya memiliki beberapa stasiun hujan yang masih berfungsi. Oleh sebab itu, data tersebut belum bisa digunakan untuk membuat peta distribusi curah hujan di DAS Cimanuk. Stasiun hujan terdekat yang berada di sekitar wilayah DAS Cimanuk digunakan untuk membuat peta distribusi curah hujan rata-rata tahunan menggunakan salah satu metode interpolasi yang tersedia di ArcGIS yaitu IDW dengan menggunakan data 29 stasiun.

Semua metode interpolasi memiliki keunggulan masing-masing tergantung karakteristik wilayah. Akan tetapi, metode IDW hasilnya lebih baik daripada metode *Spline* dan *Kriging* (Yang et al., 2015). Oleh sebab itu, metode IDW digunakan dalam penelitian ini untuk menginterpolasi rata-rata curah hujan tahunan dengan data dari tahun 2011-2017. Ketersediaan dan kelengkapan data hanya tersedia dalam rentang waktu tujuh tahun, sehingga data tersebut digunakan untuk menginterpolasi rata-rata curah hujan tahunan di DAS Cimanuk.

Berdasarkan hasil interpolasi menggunakan metode IDW, rata-rata curah hujan tahunan yang berada di wilayah penelitian hampir sebagian besar berkisar antara 2000-2500 mm/tahun yang tersebar di wilayah DAS Cimanuk bagian hulu dan tengah, sedangkan untuk wilayah hilirnya memiliki curah hujan kurang dari 2000 mm/tahun. Curah hujan dengan kisaran 2500-3000 mm/tahun juga ditemukan di beberapa wilayah di bagian tengah dan hulu DAS Cimanuk. Hal ini tentu akan menjadi faktor yang mempengaruhi laju limpasan permukaan sehingga mengakibatkan potensi kerentanan yang tinggi untuk wilayah tersebut.

DAS Cimanuk memiliki curah hujan yang tinggi. Curah hujan rata-rata tahunan yang tinggi ini akan semakin berpeluang untuk mengangkut polutan dari penggunaan lahan yang terdapat di DAS Cimanuk dalam bentuk air limpasan yang kemudian akan memasuki badan air. Air limpasan tersebut dapat mengangkut bahan organik, anorganik, nutrisi dan sedimen halus masuk ke dalam badan air (Wu, Peng, Qiao, & Ma, 2018). Hal ini akan menyebabkan penurunan terhadap kualitas air permukaan.

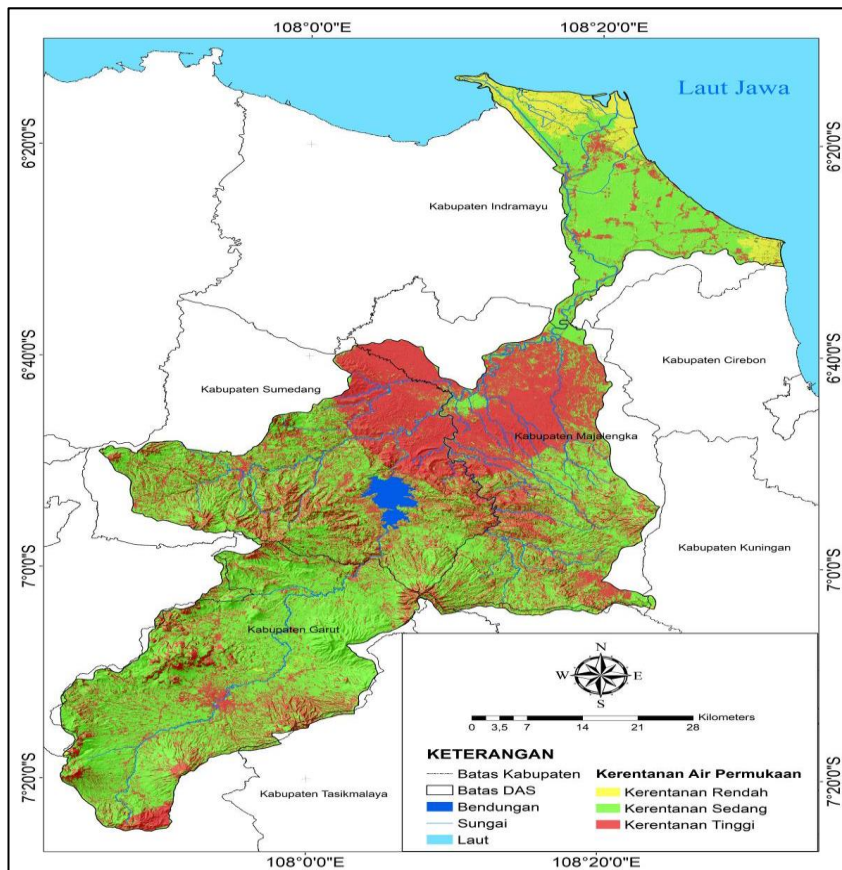
Perbedaan musim seperti kemarau dan hujan juga akan mempengaruhi kerentanan air permukaan terhadap pencemaran. Curah hujan yang tinggi pada saat musim hujan akan mengangkut lebih banyak polutan masuk ke badan air dibandingkan dengan musim kemarau.

Kerentanan Air Permukaan Terhadap Pencemaran

Kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk didapatkan dari hasil analisis *overlay* beberapa parameter seperti, penggunaan lahan, kemiringan lereng dan rata-rata curah hujan tahunan. Hasil yang didapatkan diklasifikasikan berdasarkan nilai indeks kerentanan yaitu, kerentanan rendah (0-18), kerentanan sedang (18-36) dan kerentanan tinggi (36-54).

Berdasarkan hasil analisis, DAS Cimanuk memiliki tingkat kerentanan yang bervariasi. Area dengan kerentanan sedang mendominasi di wilayah penelitian sebesar 2223,83 Km² (59,24%), kerentanan tinggi 1390,27 Km² (37,04%), dan kerentanan rendah 139,76 Km² (3,72%). Hasil tersebut telah menunjukkan bahwa air permukaan yang ada di DAS Cimanuk berpotensi rentan terhadap pencemaran. Kerentanan ini diakibatkan oleh penggunaan lahan dan curah hujan yang tinggi. Hal ini diasumsikan bahwa penggunaan lahan permukiman dan pertanian berkontribusi terhadap pencemaran.

Informasi kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk merupakan kebaruan dalam penelitian ini. Penelitian sebelumnya belum ada yang pernah mengkaji tentang kerentanan air permukaan terhadap pencemaran. Oleh karena itu, informasi dasar yang diperoleh dalam penelitian ini dapat digunakan untuk dasar pemantauan kualitas air di lapangan yang lebih efektif dan efisien. Distribusi spasial kerentanan air permukaan terhadap pencemaran disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, tiga parameter digunakan untuk memperkirakan kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk, Jawa Barat. Kerentanan air permukaan adalah potensi tercemarnya lingkungan perairan yang berasal dari faktor alami dan antropogenik. Parameter-parameter yang digunakan meliputi penggunaan lahan, kemiringan lereng dan rata-rata curah hujan tahunan. Hasil penelitian menghasilkan tiga kategori kerentanan yaitu, rendah (0-18), sedang (18-36) dan tinggi (36-54). Daerah yang memiliki kerentanan tinggi memiliki luas 1390,27 Km² (37,04%), kerentanan sedang seluas 2223,83 Km² (59,24%) dan kerentanan rendah 139,76 Km² (3,72%). Lebih dari 50% DAS Cimanuk termasuk dalam kategori kerentanan sedang. Berdasarkan analisis, faktor yang paling berpengaruh terhadap tingkat kerentanan air permukaan terhadap pencemaran di DAS Cimanuk adalah lahan pertanian dan permukiman serta kondisi rata-rata curah hujan tahunan yang cukup tinggi berkisar 2000-2500 mm/tahun. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar penentuan titik pemantauan kualitas air di lapangan.

Penelitian ini hanya terbatas menggunakan tiga parameter. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter bencana alam seperti banjir dan longsor. Penambahan parameter tersebut akan lebih memperjelas kerentanan tersebut ketika terjadinya bencana alam. Selain itu, ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi kerentanan air permukaan terhadap pencemaran, seperti sebaran populasi penduduk dan jenis tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada BBWS Cimanuk-Cisanggarung yang telah membantu dalam menyediakan data sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-adamat, R. (2017). Modelling Surface Water Susceptibility to Pollution Using GIS. *Journal of Geographic Information System*, 9(3), 293–308. <https://doi.org/10.4236/jgis.2017.93018>
- Anderson, J., Hardy, E., Roach, J., & Witmer, R. (1967). A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. *Geological Survey Professional Paper 964*, 28.
- Arriagada, L., Rojas, O., Luis, J., Munizaga, J., Rojas, C., Farias, L., & Vega, C. (2019). A new method to evaluate the vulnerability of watersheds facing several stressors: A case study in mediterranean Chile. *Science of the Total Environment*, 651, 1517–1533. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.237>
- Choudhary, K., Singh, M., & Kupriyanov, A. (2018). The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan , Russia. *The Egyptian*

- Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 21(2), 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.05.003>
- Congalton, R. G. (1991). A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing Of Environment*, 46(October 1990), 35–46. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- Diamantino, C., Henriques, M. J., Oliveira, M. M., Paulo, J., & Ferreira, L. (2007). Methodologies for pollution risk assessment of water resources systems. In *Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability (Proceedings of the Fourth InterCeltic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources)* (pp. 298–306). Retrieved from <http://www.aprh.pt/celtico/PAPERS/28.PDF>
- Eimers, J. L., Weaver, J. C., Terziotti, S., & Midgette, R. W. (2000). *Methods of Rating Unsaturated Zone and Watershed Characteristics of Public Water Supplies in North Carolina*. Raleigh, North Carolina: USGS.
- European Space Agency. (2018). Sentinel scientific hub. Retrieved Oktober, 10, 2018, from <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.
- Hou, J., Liang, Q., Zhang, H., & Hinkelmann, R. (2015). An efficient unstructured MUSCL scheme for solving the 2D shallow water equations. *Environmental Modelling and Software*, 66, 131–152. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.12.007>
- Jensen, J. . (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 4nd Edition*. E.Lake Ave: Pearson Education, Inc.
- Landis, J. R., Arbor, A., & Koch, G. G. (1977). A One- Way Components of Variance Data Model for Categorical. *Biometrics*, 33(4), 671–679. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2529465>
- Ngoye, E., & Machiwa, J. F. (2004). The influence of land-use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29, 1161–1166. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2004.09.002>
- Pacheco, F. A. L., & Sanches Fernandes, L. F. (2016). Environmental land use conflicts in catchments: A major cause of amplified nitrate in river water. *Science of the Total Environment*, 548–549, 173–188. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.155>
- Pratt, B., & Chang, H. (2012). Effects of land cover , topography , and built structure on seasonal water quality at multiple spatial scales. *Journal of Hazardous Materials*, 209–210, 48–58. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.12.068>
- Richardson, C. P., & Amankwatia, K. (2019). Assessing Watershed Vulnerability in Bernalillo County, New Mexico Using GIS-Based Fuzzy Inference, 11(02), 99–121. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2019.112007>
- Sentinel-2 Imagery: Agriculture with DRA. Retrieved Oktober, 10, 2018 from <https://sentinel.arcgis.com/arcgis/rest/services/Sentinel2/ImageServer>
- Schroeder, T. A., Cohen, W. B., Song, C., Canty, M. J., & Yang, Z. (2006). Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*, 103, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.008>

- Shibata, M., Sugihara, S., Mvondo-Ze, A. D., Araki, S., & Funakawa, S. (2018). Effect of original vegetation on nutrient loss patterns from Oxisol cropland in forests and adjacent savannas of Cameroon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 257(December 2017), 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.031>
- Sulaksana, N., Sukiyah, E., Sjafrudin, A., & Haryanto, E. T. (2013). Karakteristik Geomorfologi Das Cimanuk Bagian Hulu Dan Implikasinya Terhadap Intensitas Erosi Serta Pendangkalan Waduk Jatigede. *Bionatura-Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati Dan Fisik*, 15(2), 100–106.
- Sun, Y., Guo, Q., Liu, J., & Wang, R. (2014). Scale effects on spatially varying relationships between urban landscape patterns and water quality. *Environmental Management*, 54(2), 272–287. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0287-x>
- Tu, J. (2011). Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. *Applied Geography*, 31(1), 376–392. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.08.001>
- USGS. Elevation Dataset in Grid Format. Retrieved Oktober, 10, 2018 from <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Widyastuti, M., & Suprayogi, S. (2006). Contamination Vulnerability Analysis of Watershed For Water Quality Monitoring (Study in Gajahwong Watershed Yogyakarta Province). *Forum Geografi*, 20(1), 47–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.23917/forgeo.v20i1.1803>
- Wilson, C., & Weng, Q. (2010). Assessing surface water quality and its relation with urban land cover changes in the Lake Calumet Area, Greater Chicago. *Environmental Management*, 45(5), 1096–1111. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9482-6>
- Wu, L., Peng, M., Qiao, S., & Ma, X. yi. (2018). Effects of rainfall intensity and slope gradient on runoff and sediment yield characteristics of bare loess soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(4), 3480–3487. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0713-8>
- Xu, G., Li, P., Lu, K., Tantai, Z., Zhang, J., Ren, Z., & Wang, X. (2019). Seasonal changes in water quality and its main influencing factors in the Dan River basin. *Catena*, 173(April 2018), 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.10.014>
- Yang, X., Xie, X., Liu, D. L., Ji, F., & Wang, L. (2015). Spatial Interpolation of Daily Rainfall Data for Local Climate Impact Assessment over Greater Sydney Region. *Advances in Meteorology*, 2015, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2015/563629>
- Xu, G., Li, P., Lu, K., Tantai, Z., Zhang, J., Ren, Z., & Wang, X. (2019). Seasonal Changes in Water Quality and Its Main Influencing Factors in The Dan River Basin. *Catena*, 173, 131–140.
- Yang, X., Xie, X., Liu, D. L., Ji, F., & Wang, L. (2015). Spatial Interpolation of Daily Rainfall Data for Local Climate Impact Assessment Over Greater Sydney Region. *Advances in Meteorology*, 2015, 1–12.

PEMANFAATAN SIG UNTUK PEMETAAN AREA LAYANAN DAN INDEKS AKSESIBILITAS FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN DI KABUPATEN KULON PROGO

(*Mapping Service Area dan Healthcare Facility Accessibility Index in Kulon Progo Regency using GIS*)

Dwiky Rama Yanuar¹ & Heri Sutanta²

¹Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial

²Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Raya Jakarta Bogor Km 46, Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

E-mail: dwiky.rama@big.go.id

Diterima: 15 Juli 2020; Direvisi: 20 September 2021; Disetujui untuk Dipublikasikan: 6 Oktober 2021

ABSTRAK

Aksesibilitas fasilitas pelayanan kesehatan (fasyankes) adalah tingkat kemudahan masyarakat untuk menjangkau fasyankes. Indeks aksesibilitas fasyankes selama ini diukur berdasarkan aspek wilayah, belum sampai pada tingkat kedetailan bangunan rumah. Penelitian ini menggunakan SIG untuk menghitung aksesibilitas spasial fasyankes di Kabupaten Kulon Progo. Aksesibilitas spasial diukur berdasarkan area layanan fasyankes dan indeks aksesibilitas. Data yang digunakan meliputi data fasyankes, bangunan tempat tinggal, dan jaringan jalan. Kecepatan tiap segmen jalan dalam jaringan dikoreksi berdasarkan kemiringannya yang diekstrak dari Model Elevasi Digital Nasional (DEMNAS). Area layanan fasyankes dikalkulasi menggunakan analisis jaringan *service area* dengan interval waktu tempuh 8 dan 15 menit. Perhitungan indeks aksesibilitas menggunakan analisis jaringan *OD Cost Matrix* dengan tenggat 8 menit. Indeks aksesibilitas dihitung dengan metode *Enhanced Two-Step Floating Catchment Area* (E2SFCA). Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar penduduk Kulon Progo tercakup dalam area layanan fasyankes 8 menit. Namun demikian, indeks aksesibilitasnya cenderung rendah. Di lokasi berindeks rendah, terdapat paling banyak tiga fasyankes yang dapat diakses penduduk dalam waktu 8 menit, di lokasi berindeks tinggi rata-rata terdapat 11 unit, sementara di lokasi berindeks nol tidak ada. Penelitian ini juga mengestimasi jumlah penduduk yang tinggal di area layanan yang berbeda dan di lokasi dengan indeks yang berlainan. Wilayah dataran rendah di sebelah selatan dan tenggara Kulon Progo memiliki indeks aksesibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah perbukitan di sebelah utara dan barat.

Kata kunci: aksesibilitas, analisis jaringan, fasilitas kesehatan, indeks aksesibilitas

ABSTRACT

Accessibility to healthcare facilities defines the ease of the population to reach healthcare facilities. Accessibility index is usually calculated on areal unit while the detailed calculation on individual dwelling has not been a common practice. This research uses GIS to measure the spatial accessibility of healthcare facilities in Kulon Progo Regency. Spatial accessibility is measured based on the healthcare service area and accessibility index. This research used the following data: healthcare facilities location, residential buildings, and road networks. The speed of each road segment in the network was corrected by the slope extracted from National Digital Elevation Model (DEMNAS). The healthcare service area was calculated using service area analysis with a travel time interval of 8 and 15 minutes. Accessibility index calculation used the OD Cost Matrix network analysis with an 8-minute time limit. It was calculated based on the Enhanced Two-Step Floating Catchment Area (E2SFCA) method. The outcomes show that the majority of the population in Kulon Progo covered in the 8-minutes service area. However, the accessibility index tends to be at a low level. At the low indexed locations, there are at most three facilities that are accessible by residents within 8 minutes; at high indexed locations, there are 11 units on average; while at zero-indexed locations, there are none. This research also estimates the number of people living in different service area classes and different accessibility index. The lowland area in the south and south-east of Kulon Progo have higher accessibility compared to the hilly area in the north and west.

Keywords: accessibility, network analysis, healthcare facilities, accessibility index

PENDAHULUAN

Pembangunan kesehatan pada periode 2015-2019 di Indonesia dilaksanakan melalui Program Indonesia Sehat. Program ini bertujuan untuk

meningkatkan derajat kesehatan masyarakat melalui upaya kesehatan dan pemerataan pelayanan kesehatan (Kementerian Kesehatan, 2015). Upaya tersebut salah satunya adalah melalui optimalisasi fungsi fasilitas pelayanan

kesehatan (fasyankes) tingkat pertama, yakni dengan menyediakan minimal satu puskesmas (pusat kesehatan masyarakat) di setiap kecamatan. Tahun 2017, rasio puskesmas per kecamatan sebesar 1,36 yang berarti rasio ideal telah terpenuhi (RI, 2018). Rasio puskesmas per kecamatan dapat menggambarkan kondisi aksesibilitas masyarakat terhadap fasyankes.

Aksesibilitas adalah tingkat kemudahan suatu lokasi dijangkau dari lokasi lain. Ukuran aksesibilitas digunakan di berbagai bidang (Ashik et al., 2020), misalnya dalam penyediaan fasilitas umum dan transportasi (Cui et al., 2020). Dalam konteks pelayanan kesehatan, aksesibilitas adalah kemampuan masyarakat untuk memperoleh pelayanan tersebut (Black et al., 2004). Aksesibilitas pelayanan kesehatan merupakan salah satu indikator penting untuk menilai tingkat pembangunan bidang kesehatan masyarakat secara keseluruhan (Black et al., 2004; Khakh et al., 2019). Aksesibilitas tersebut bernilai variatif sebab lokasi tenaga kesehatan (*supply*) dan tempat masyarakat tinggal (*demand*) tidak terdistribusi secara seragam (Luo & Wang, 2003).

Perhitungan tingkat aksesibilitas telah dilakukan di beberapa tempat, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Di Indonesia misalnya, perhitungan aksesibilitas fasilitas kesehatan telah dilakukan di Kota Bandung (Hadi et al., 2013), Kota Bogor (Trisminingsih & Sagala, 2017), dan Kabupaten Tegal (Aghnia et al., 2018). Di wilayah perkotaan, Khakh et al., (2019) menghitung aksesibilitas spasial Kota Calgary, Kanada, sedangkan Gu et al., (2019) memetakan aksesibilitas spasial Kota Shanghai. Aksesibilitas di kedua penelitian tersebut dihitung berdasarkan penggunaan berbagai moda transportasi.

Akses pelayanan kesehatan dipengaruhi oleh beberapa faktor spasial dan nonspasial (Wang & Luo, 2005). Menurut Peters et al., (2008), faktor-faktor itu mencakup aksesibilitas geografis, ketersediaan fasilitas dan layanan, keterjangkauan biaya, penerimaan masyarakat, serta kualitas dari keempat faktor sebelumnya. Tiga faktor terakhir bersifat nonspasial, sedangkan dua faktor yang pertama, yaitu ketersediaan dan aksesibilitas geografis, bersifat spasial. Ketersediaan merujuk pada jumlah fasyankes di suatu area yang dapat dipilih oleh masyarakat. Sementara itu, aksesibilitas merujuk pada impedansi perjalanan antara lokasi pasien berada dan lokasi fasyankes. Jarak dapat dinyatakan dalam ukuran panjang (km) atau waktu tempuh. Guagliardo, (2004) menggabungkan dua faktor pertama menjadi satu dan menyebutnya sebagai "aksesibilitas spasial".

Ukuran aksesibilitas spasial yang umum digunakan sebagai dasar perumusan kebijakan adalah *provider-to-population ratio* (PPR) seperti rasio puskesmas per kecamatan di atas. Hal itu disebabkan hasil PPR bersifat intuitif dan mudah dipahami serta kalkulasinya tidak memerlukan pengetahuan dan peralatan SIG (Neutens, 2015). Namun, PPR memiliki keterbatasan karena

menganggap populasi dan fasyankes dalam suatu area terdistribusi merata sehingga kurang representatif. Selain itu, PPR tidak memperhatikan faktor spasial seperti jarak dan waktu tempuh sehingga kurang representatif (Guagliardo, 2004). Faktor lain yang berpengaruh terhadap aksesibilitas spasial adalah distribusi masyarakat (Linard et al., 2012) yang tercermin dari lokasi tempat tinggalnya.

Pembangunan fasyankes yang dilaksanakan selama ini belum bisa sepenuhnya memperhatikan aspek spasial sehingga aspek kemudahan masyarakat dalam menjangkau fasyankes tidak selalu bisa dipenuhi secara maksimal (Sutikno, 2013). Data yang dipergunakan masih terbatas pada data nonspasial saja, seperti populasi penduduk, mata pencaharian, angka penyakit, dan angka kunjungan. Kabupaten Kulon Progo, dalam hal ini, termasuk wilayah yang belum memiliki perhitungan aksesibilitas fasyankes secara spasial. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung aksesibilitas spasial fasyankes di Kabupaten Kulon Progo berdasarkan cakupan area layanan fasyankes dan indeks aksesibilitas menggunakan SIG, merangkum dan mengembangkan penelitian dari (Yanuar, 2019).

METODE

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Kulon Progo terdiri atas 12 kecamatan dan 88 desa/kelurahan. Data Kulon Progo dalam Angka tahun 2019 menyebutkan bahwa luas wilayahnya adalah 586,28 km² (BPS Kabupaten Kulon, 2019). Selanjutnya berdasarkan ketinggiannya, 44,47% wilayah Kulon Progo memiliki ketinggian >100 m di atas permukaan laut. Dilihat dari kemiringan topografinya, 41,19% wilayah Kulon Progo memiliki kemiringan lereng >15^o. Peta lokasi penelitian disajikan pada

Gambar 1.



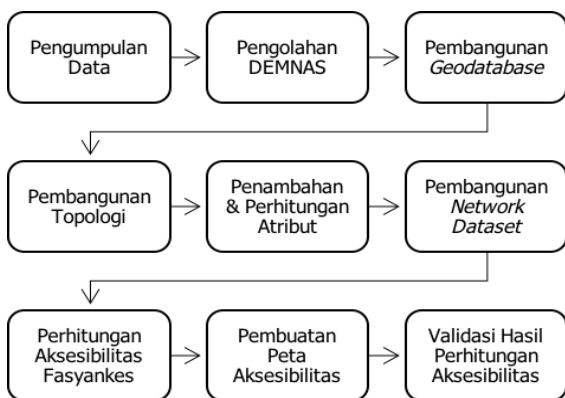
Gambar 1. Letak Kabupaten Kulon Progo

Data yang digunakan meliputi jaringan jalan, bangunan tempat tinggal, fasyankes, dan batas administrasi. Data tersebut diperoleh dari Dinas Pertanahan dan Tata Ruang Provinsi DIY dalam format *shapefile* dengan sistem referensi WGS

1984 serta bersistem proyeksi UTM zona 49S. Kedetailan informasi tersebut sangat tinggi sebab bersumber dari peta desa berskala 1:5.000.

Data lain yang digunakan adalah DEMNas dari Badan Informasi Geospasial dalam format raster *geotiff*, dengan sistem referensi WGS 1984 dan datum vertikal EGM2008 (Badan Informasi Geospasial, 2019). Data DEMNas diambil dari <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>. Data ini digunakan untuk mendapatkan informasi kemiringan jalan. Kemiringan jalan merupakan faktor yang berpengaruh dalam kecepatan berkendara, yang akan menentukan cakupan area layanan dan aksesibilitas fasyankes. Data fasyankes yang digunakan berjumlah 85 unit yang terdiri atas 8 rumah sakit, 17 klinik, 21 puskesmas, dan 39 puskesmas pembantu (pustu). Lokasi fasyankes diperoleh dari informasi tekstual yang kemudian digambarkan di peta.

Penelitian ini menggunakan sembilan tahapan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Data diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS Pro 2.2. Data spasial dikumpulkan lalu diseragamkan sistem referensi koordinatnya menjadi WGS 1984. Kemudian, pengolahan DEMNas dilakukan untuk menghasilkan *hillshade* dan *slope*. *Hillshade* digunakan untuk keperluan visualisasi bentuk lahan sedangkan *slope* digunakan sebagai sumber atribut kemiringan jalan. *Slope* direklasifikasi menjadi tujuh kelas berinterval 10% dengan rentang 0-60%. Kemiringan maksimum 60% ($\approx 31^\circ$) dipilih sebab nilai tersebut merupakan kemiringan jalan tercuram yang dapat didaki oleh mobil (Kemp, 1990). Pertimbangan lainnya adalah rentang variasi *slope* harus cukup besar mengingat *slope* merupakan satu-satunya faktor koreksi kecepatan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan rentang hingga 60%, *slope* memiliki pengaruh yang lebih besar dalam perhitungan hambatan kecepatan.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Setelah itu, basisdata spasial dibangun lalu data spasial dimasukkan ke dalamnya. Dalam *geodatabase* yang dibuat dilakukan pembangunan topologi dan *network dataset*. Topologi dibangun untuk dua data, yakni jaringan jalan dan bangunan tempat tinggal. Topologi jaringan jalan berfungsi untuk memastikan konektivitas antar segmen

jalan, sedangkan topologi bangunan berfungsi untuk memastikan tidak ada fitur yang saling tumpang tindih.

Selanjutnya, penambahan dan perhitungan atribut dilakukan. Data fasyankes diisi dengan atribut kapasitas tempat tidur dan informasi jam buka berdasarkan Profil Kesehatan Kabupaten Kulon Progo tahun 2018 dan Data Dasar Puskesmas Provinsi DIY tahun 2017. Sementara itu, data bangunan tempat tinggal diisi dengan atribut jumlah penduduk semester II tahun 2018 dari situs Informasi Kependudukan Provinsi DIY (Biro Tata Pemerintahan DIY, 2018).

Adapun data jaringan jalan diberi atribut kemiringan, kecepatan, dan waktu tempuh. Atribut kemiringan diperoleh dari hasil *intersect* antara *slope* dari DEMNas dan jaringan jalan. Atribut kecepatan ditentukan berdasarkan kelas jalan lalu dikoreksi terhadap kemiringan jalan (lihat **Persamaan 1**). Sementara itu, atribut waktu tempuh dihitung dengan membandingkan panjang segmen jalan dan kecepatan (lihat **Persamaan 2**).

$$v_t = v_o \times \frac{100-s}{100} \dots\dots\dots (1)$$

$$t = \frac{l}{v_t} \times \frac{60}{1000} \dots\dots\dots (2)$$

dalam hal ini

- v_t = kecepatan terkoreksi kemiringan (km/jam)
- v_o = kecepatan menurut kelas jalan (km/jam)
- s = kemiringan jalan (persen)
- t = waktu tempuh (menit)
- l = panjang segmen jalan (meter)

Batas kecepatan untuk kelas jalan arteri adalah 70 km/jam, jalan kolektor 50 km/jam, jalan lokal 30 km/jam, sedangkan jalan lingkungan (jalan lain) 20 km/jam. Batas kecepatan menurut jenis jalan diatur pada Peraturan Pemerintah No 34 Tahun 2006. Namun, mengingat konteks penelitian adalah dalam kondisi darurat (ambulans) maka batas kecepatan ditambah secara arbitrer (**Tabel 1**). Akan tetapi, penambahan kecepatan tidak melebihi batas kecepatan maksimum yang diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No 111 tahun 2015.

Tabel 1. Batas kecepatan menurut jenis jalan.

Jenis Jalan	Batas kecepatan (km/jam)		
	minimum PP 34/2006	maksimum PM 111/2015	maksimum penelitian
Arteri	60	80	70
Kolektor	40	50	50
Lokal	20	30	30
Lingkungan	15	-	20

Network dataset dibangun dengan waktu tempuh sebagai impedansi utamanya. Dalam penelitian ini, *network dataset* belum memiliki informasi kemacetan (*traffic*), jalan satu arah (*one-*

way), larangan belok dan putar balik (*restriction dan turns*), serta hambatan lampu lalu lintas. Selanjutnya dilakukan perhitungan aksesibilitas menggunakan metode analisis jaringan dilakukan. Perhitungan area layanan fasyankes menggunakan analisis jaringan *Service Area*. Area layanan merupakan salah satu ukuran yang dapat menunjukkan kemampuan suatu fasilitas umum menjangkau wilayah sekitarnya, yang kemudian dikembangkan menjadi ukuran lain yang lebih komprehensif dengan memperhitungkan aspek penduduk yang menjadi target pelayanan (Gao et al., 2017).

Batasan waktu tempuh yang digunakan adalah 8 dan 15 menit. Waktu 8 menit dipilih sebab merupakan waktu respons maksimal untuk pelayanan medis darurat seperti ambulans (Blanchard et al., 2012). Sementara itu, waktu 15 menit dipilih supaya daerah dengan akses fasyankes yang sulit dapat teridentifikasi. Apabila menggunakan waktu tempuh 30 menit seperti yang disarankan (Daskin & Dean, 2006), hampir seluruh wilayah Kabupaten Kulon Progo tercakup dalam area layanan fasyankes. Perhitungan area layanan dilakukan dalam tiga skenario untuk menentukan jumlah fasyankes yang terlibat. Skenario pertama menggunakan semua fasyankes dengan jumlah 85 buah. Skenario kedua tidak melibatkan pustu sehingga jumlah fasyankesnya sebatas 46 buah. Sementara itu, skenario ketiga, atau skenario malam hari, hanya menggunakan fasyankes dengan jam buka 24 jam yang berjumlah 26 buah.

Perhitungan indeks dilakukan dengan metode E2SFCA (*Enhanced Two-Step Floating Catchment Area*). Indeks aksesibilitas merupakan ukuran potensi interaksi antara titik populasi dan semua area layanan fasyankes dalam batasan impedansi tertentu (Luo & Wang, 2003). Perhitungannya menggunakan metode E2SFCA yang dilakukan dalam dua tahap (Luo & Qi, 2009) yang disajikan pada Persamaan 3 dan 4. Pada tahap pertama, dari setiap lokasi fasyankes j , titik-titik populasi k yang berada dalam zona waktu tempuh D_r dicari dan dihitung PPR berbobotnya, R_j , menggunakan **Persamaan 3**. Kemudian di tahap kedua, dari setiap titik populasi i , semua fasyankes di lokasi j yang tercakup dalam zona waktu tempuh D_r dicari dan dijumlahkan PPR berbobotnya menggunakan **Persamaan 4**.

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \in D_r\}} P_k W_r} \dots\dots\dots (3)$$

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_r\}} R_j W_r \dots\dots\dots (4)$$

dalam hal ini

- i = titik populasi
- j = lokasi fasyankes
- k = titik populasi dalam area layanan j
- d_{kj} = waktu tempuh dari k ke j
- d_{ij} = waktu tempuh dari i ke j
- R_j = PPR berbobot pada lokasi j
- S_j = kapasitas fasyankes pada lokasi j
- D_r = zona waktu tempuh ke- r

- W_r = bobot impedansi ke- r
- P_k = jumlah populasi di titik k dalam area layanan j
- A_i^F = indeks aksesibilitas di titik i

Perhitungan indeks aksesibilitas dilakukan dengan menggunakan analisis jaringan *OD Cost Matrix* dengan batasan waktu tempuh 8 menit dan bobot impedansi. Bobot berfungsi untuk menakar efek impedansi terhadap nilai aksesibilitas yang dihasilkan. Semakin rendah impedansinya, maka nilai aksesibilitasnya semakin tinggi. Terdapat tiga kelas bobot yang nilainya dihitung berdasarkan fungsi Gaussian, yakni 1, 0,68, dan 0,22 (Luo & Qi, 2009). Zona dengan rentang waktu tempuh 0-3 menit diberi bobot 1, zona 3-6 menit berbobotnya 0,68 sedangkan zona 6-8 menit berbobot 0,22.

Hasil perhitungan aksesibilitas disajikan dalam bentuk peta lalu divalidasi dengan menggunakan 30 sampel. Validasi hasil perhitungan waktu tempuh dilakukan dengan membandingkannya terhadap waktu tempuh hasil pengukuran di lapangan. Waktu tempuh di lapangan diukur memakai *Global Positioning System* (GPS) genggam Garmin Map seri 64S dengan kendaraan mobil dari lokasi pasien atau penduduk menuju ke fasyankes. Lokasi penduduk dan fasyankes dipilih dengan menggunakan metode *purposive sampling*, yakni pengambilan sampel secara sengaja dengan pertimbangan dan tujuan tertentu. Dalam hal ini, pertimbangan utamanya adalah dekat dengan jalan arteri, jalan kolektor, atau jalan lokal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Fasyankes

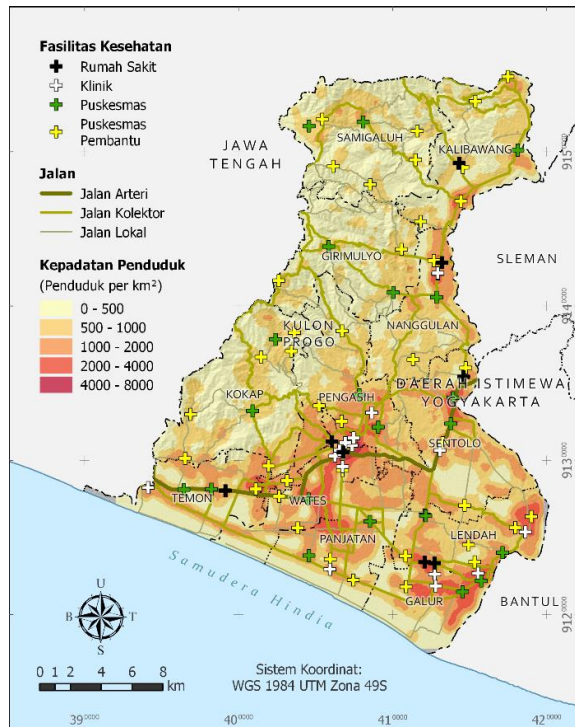
Di Kabupaten Kulon Progo terdapat 85 fasyankes yang tersebar di tiap kecamatan dengan rincian seperti dalam **Tabel 2**. Wilayah dengan fasyankes terbanyak adalah Kecamatan Wates dan Lendah, yakni dengan 12 unit. Sementara itu, wilayah dengan jumlah fasyankes paling sedikit adalah Kecamatan Girimulyo dengan total 4 unit. Tidak semua kecamatan memiliki rumah sakit dan klinik, namun setiap kecamatan sudah memiliki puskesmas dan puskesmas pembantu (pustu).

Berdasarkan distribusi spasialnya, puskesmas dan pustu tersebar merata. Namun demikian rumah sakit dan klinik cenderung terkonsentrasi di daerah dataran rendah dan wilayah yang penduduknya padat, terutama di bagian utara Kecamatan Wates (**Gambar 3**). Di kawasan yang merupakan Ibu Kota Kabupaten Kulon Progo tersebut terdapat 2 rumah sakit dan 6 klinik. Kawasan ini adalah daerah dengan kepadatan penduduk tertinggi yakni mencapai 8.000 penduduk/km². Kepadatan penduduk tersebut dihitung berdasarkan kondisi fisik di lapangan tanpa memperhatikan wilayah administrasinya.

Tabel 2. Jumlah dan jenis fasyankes pada tiap kecamatan di Kabupaten Kulon Progo

Kecamatan	Jenis Fasyankes				Jumlah
	Rumah Sakit	Klinik	Puskesmas	Pustu	
Galur	0	2	2	1	5
Girimulyo	0	0	2	2	4
Kalibawang	1	0	1	5	7
Kokap	0	0	2	5	7
Lendah	2	3	2	5	12
Nanggulan	1	2	1	2	6
Panjatan	0	1	2	2	5
Pengasih	0	1	2	4	7
Samigaluh	0	0	2	5	7
Sentolo	1	1	2	3	7
Temon	1	1	2	2	6
Wates	2	6	1	3	12
Jumlah	8	17	21	39	85

Sumber: Dinas Kesehatan Kabupaten Kulon Progo, (2018)



Gambar 3. Distribusi fasyankes di Kab. Kulon Progo

Sementara itu, di daerah perbukitan sebelah utara yang kepadatan penduduknya relatif rendah, tidak ada klinik yang tersedia. Hanya terdapat satu rumah sakit, yakni Rumah Sakit St. Yusup Boro di Kecamatan Kalibawang. Rumah sakit tersebut berada di daerah dengan kepadatan penduduk rendah yaitu 1.000 penduduk/km². Selebihnya, fasyankes yang tersedia di daerah perbukitan hanya puskesmas dan pustu.

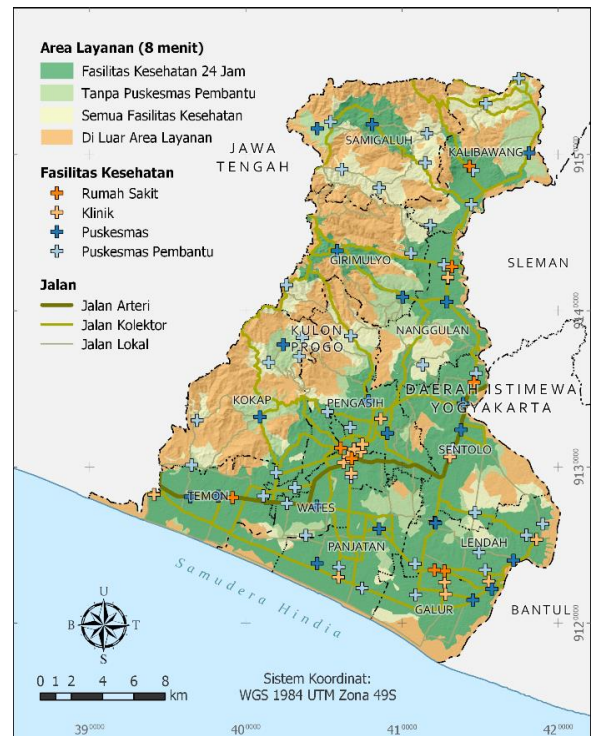
Area Layanan Fasyankes

Hasil analisis area layanan fasyankes berdasarkan kelas waktu tempuhnya disajikan dalam **Gambar 4** dan **Gambar 5**. Dalam peta di kedua gambar tersebut, wilayah berwarna hijau gelap menggambarkan area layanan fasyankes

malam hari (skenario ketiga), hijau muda menggambarkan area layanan fasyankes tanpa pustu (skenario kedua), kuning menunjukkan area layanan semua fasyankes (skenario pertama), dan oranye menggambarkan wilayah di luar jangkauan area layanan.

Perlu diperhatikan bahwa area layanan antar skenario saling tumpang tindih dengan urutan teratas skenario ketiga, di bagian tengah skenario kedua, dan yang terbawah skenario pertama. Oleh karena itu, area layanan skenario kedua adalah wilayah dengan warna hijau muda ditambah dengan hijau tua. Begitu pula dengan skenario pertama, area layanannya mencakup wilayah yang berwarna hijau tua, hijau muda, dan kuning.

Pada area layanan 8 menit fasyankes, pola yang teramati dalam peta pada **Gambar 4** adalah bahwa cakupan fasyankes di wilayah yang datar lebih baik dibandingkan dengan di daerah perbukitan. Di daerah datar, corak yang mendominasi adalah hijau gelap yang mengindikasikan cakupan fasyankes yang baik, bahkan di malam hari sekalipun. Di daerah perbukitan, area yang bercorak hijau tua juga ada namun tidak begitu luas, yaitu di Kecamatan Girimulyo dan Samigaluh. Area layanan fasyankes malam hari tersebut meliputi hampir separuh dari luas Kabupaten Kulon Progo, yakni 49% (282,1 km²). Area ini mencakup 127.827 bangunan yang merupakan tempat tinggal sekitar 307.000 penduduk. Area tersebut semakin luas pada skenario kedua yakni 58,6% total luas Kulon Progo (337,6 km²) dan mencapai 71,2% (409,6 km²) pada skenario pertama (**Tabel 3**).



Gambar 4. Peta area layanan fasyankes dalam waktu tempuh 8 menit.

Tabel 3. Cakupan area layanan 8 menit fasyankes

Skenario	Luas Area Layanan (km ²)	Jumlah Bangunan Tempat Tinggal	Estimasi Jumlah Penduduk
Semua fasyankes	409,6	164.056	387.000
Tanpa pustu	337,6	146.069	348.000
Fasyankes 24 jam	282,1	127.827	307.000
Di luar jangkauan	166,0	25.158	61.000

Di lain pihak, di daerah perbukitan coraknya didominasi warna oranye yang mengindikasikan banyak wilayah yang berada di luar jangkauan area layanan 8 menit fasyankes. Total luas wilayah yang berada di luar jangkauan tersebut mencapai 166 km² (28,8% total luas) dan mencakup 25.158 bangunan di mana sekitar 61.000 penduduk berdomisili. Wilayah tersebut meliputi Kecamatan Kokap, bagian utara Kecamatan Pengasih, dan sebagian besar Kecamatan Girimulyo dan Samigaluh.



Gambar 5. Peta area layanan fasyankes dalam waktu tempuh 15 menit.

Pada area layanan 15 menit, pola yang timbul mirip dengan area layanan 8 menit hanya saja cakupannya lebih luas (**Gambar 5**). Dalam hal ini, daerah dataran hampir seluruhnya terliput dalam warna hijau tua. Begitu pula di daerah perbukitan, corak hijau tua meliputi area yang lebih luas di Kecamatan Girimulyo dan Samigaluh. Wilayah bercorak hijau tua ini meliputi 166.063 bangunan tempat tinggal dan menempati hampir tiga perempat luas Kabupaten Kulon Progo yakni 74,5% (428,6 km²). Penduduk yang tinggal di wilayah tersebut diperkirakan mencapai 396.000 jiwa (**Tabel 4**).

Tabel 4. Cakupan area layanan 15 menit fasyankes

Skenario	Luas Area Layanan (km ²)	Jumlah Bangunan Tempat Tinggal	Estimasi Jumlah Penduduk
Semua fasyankes	510,9	184.024	436.000
Tanpa pustu	469,6	176.549	419.000
Fasyankes 24 jam	428,6	166.063	396.000
Di luar jangkauan	64,7	5.190	12.000

Selain itu, wilayah bercorak oranye juga berkurang signifikan lebih dari separuhnya menjadi 11,2% total luas (64,7 km²) yang meliputi 5.190 bangunan. Di wilayah tersebut, setidaknya masih ada 12.000 penduduk yang belum tercapuk dalam area layanan fasyankes 15 menit. Penduduk yang berada di luar jangkauan fasyankes ini sebagian besar bertempat tinggal di Kecamatan Kokap, Girimulyo, dan Samigaluh.

Indeks Aksesibilitas Fasyankes

Perhitungan aksesibilitas menggunakan indeks aksesibilitas dilakukan dengan batasan waktu tempuh 8 menit, yang merupakan waktu respons maksimal pelayanan medis darurat. Perhitungan indeks aksesibilitas dilaksanakan dalam tiga skenario yang sama dengan perhitungan area layanan fasyankes. Skenario pertama melibatkan semua fasyankes yang berjumlah 85 buah, skenario kedua menggunakan 46 fasyankes dengan mengecualikan pustu, sementara skenario ketiga menggunakan 26 fasyankes yang buka 24 jam. Skenario dibuat untuk mengetahui efek jumlah dan lokasi fasyankes terhadap indeks aksesibilitas yang dihasilkan.

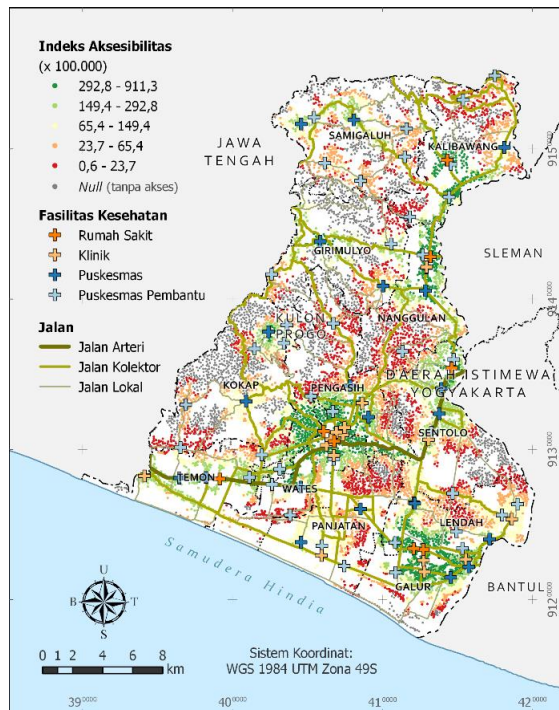
Indeks aksesibilitas setiap skenario disajikan dalam peta tematik. Indeks aksesibilitas dalam hal ini merupakan atribut pada fitur titik bangunan tempat tinggal penduduk yang sebelumnya sudah digeneralisasi. Generalisasi dilakukan dengan pertimbangan bahwa fitur-fitur yang relatif dekat (50 meter) akan menghasilkan indeks yang kurang lebih sama. Indeks diklasifikasikan menjadi lima kelas dengan dasar kesamaan jumlah data tiap kelas (*quantile classification*) pada skenario pertama dan ditambah dengan kelas *null*. Kelas *null* memuat lokasi-lokasi yang tidak dapat mengakses fasyankes dalam waktu 8 menit sehingga tidak memiliki nilai indeks.

Pada skenario pertama, pola yang nampak di daerah dataran rendah adalah bentuk-bentuk konsentris yang berpusat di lokasi berkepadatan penduduk tinggi seperti Kecamatan Wates, Galur, Lendah, dan Nanggulan (**Gambar 6**). Di pusat-pusat bentuk konsentris tersebut, terdapat sekitar seperempat penduduk Kabupaten Kulon Progo yang tergolong dalam kelas indeks A yang bercorak hijau tua dalam peta.

Semakin jauh dari pusat, corak titik berangsur-angsur berubah menjadi hijau muda,

kuning, oranye, lalu merah yang berarti terdapat penurunan indeks aksesibilitas. Di bagian terluar dengan indeks terendah dalam corak merah, fasyankes yang dapat dijangkau dalam 8 menit oleh penduduk turun jumlahnya menjadi 2 buah. Selain itu, rata-rata waktu tempuh yang diperlukan juga lebih lama, yakni 6,3 menit (**Tabel 5**). Titik-titik bercorak merah ini mewakili 25.101 bangunan yang merupakan tempat tinggal bagi setidaknya 58.000 penduduk. Titik merah tersebut banyak tersebar di bagian selatan Kecamatan Nanggulan, Kecamatan Sentolo, dan bagian utara Kecamatan Panjatan.

Tingginya nilai indeks di bagian pusat disebabkan distribusi fasyankes terkonsentrasi di lokasi tersebut. Hal itu berdampak pada banyaknya alternatif fasyankes yang dapat diakses oleh penduduk, yaitu 11 fasyankes. Untuk menjangkau fasyankes tersebut dari tempat tinggalnya, penduduk memerlukan rata-rata waktu tempuh 4,8 menit (**Tabel**).



Gambar 6. Peta indeks aksesibilitas fasyankes pada skenario pertama.

Tabel 5. Rata-rata jumlah fasyankes yang dapat diakses dan waktu tempuh pada skenario pertama.

	1	2	3	4	5	6
A	292,8 - 911,3	45.629	104.000	11	4,8	
B	149,4 - 292,8	32.581	82.000	7	5,3	
C	65,4 - 149,4	35.950	86.000	5	5,5	
D	23,7 - 65,4	29.521	68.000	3	5,6	
E	0,6 - 23,7	25.101	58.000	2	6,3	
F	Null	20.432	50.000	0	-	

Keterangan kolom

1 = Kelas

2 = Indeks aksesibilitas (x 100.000)

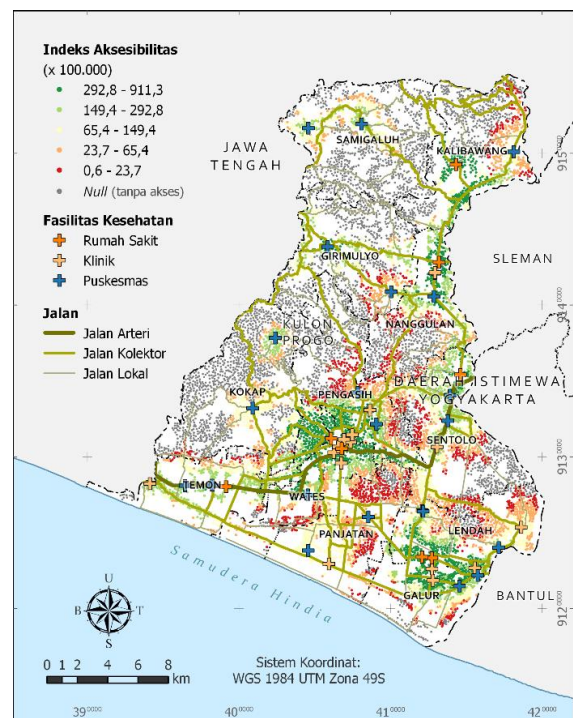
3 = Jumlah bangunan tinggal

4 = Estimasi jumlah penduduk

5 = Rata-rata jumlah fasyankes yang dapat diakses

6 = Rata-rata waktu tempuh (menit)

Penduduk yang tidak dapat menjangkau fasyankes dalam 8 menit bertambah jumlahnya pada skenario kedua, yakni mencapai kisaran 93.000 atau dua kali lebih banyak dibanding skenario pertama (**Tabel 6**). Selain itu, area sebarannya juga semakin luas, utamanya di daerah perbukitan (**Gambar 7**). Di daerah tersebut, titik-titik yang tadinya bercorak merah kini menjadi abu-abu. Itu artinya penduduk yang sebelumnya dapat mengakses fasyankes dalam 8 menit kini memerlukan waktu tempuh lebih lama sehingga dianggap tidak dapat menjangkaunya lagi. Perubahan corak dari merah menjadi abu-abu ini merupakan perubahan paling signifikan antara skenario pertama dan kedua.



Gambar 7. Peta indeks aksesibilitas fasyankes bukan pusat pada skenario kedua.

Di lain pihak, pada skenario kedua, titik-titik yang berada di daerah dataran terutama di pusat-pusat populasi cenderung tidak mengalami perubahan corak yang mengindikasikan indeks aksesibilitasnya relatif konstan (**Gambar 7**). Perubahan corak di daerah ini tetap ada namun melingkupi luasan yang sempit, yakni di Kecamatan Lendah, Sentolo, dan Nanggulan. Perubahan corak yang terjadi menunjukkan penurunan indeks yang mengindikasikan penduduk di daerah tersebut memerlukan waktu tempuh lebih lama untuk mengakses fasyankes. Tidak hanya itu, fasyankes yang dapat diakses oleh penduduk tersebut dalam 8 menit juga lebih sedikit jumlahnya.

Secara keseluruhan, jumlah bangunan tempat tinggal pada semua kelas indeks dalam skenario kedua mengalami penurunan dibanding skenario

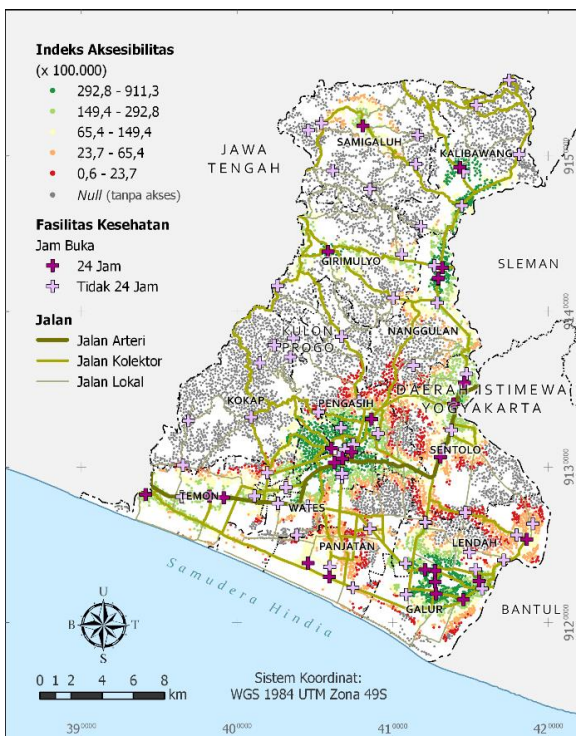
pertama. Penurunan paling signifikan terjadi pada kelas indeks E, yakni turun sebanyak 7.825 menjadi 12.575 bangunan (**Tabel 6**). Penduduk yang meninggalkan bangunan dalam kelas indeks E hanya dapat mengakses 1 fasyankes dengan rata-rata waktu tempuh 6,9 menit. Sementara itu, penduduk yang bertempat tinggal dalam bangunan dengan kelas indeks A dapat mengakses 8 fasyankes dengan rata-rata waktu tempuh 4,5 menit untuk menjangkau setiap fasyankes tersebut.

Tabel 6. Rata-rata jumlah fasyankes yang dapat diakses dan waktu tempuh pada skenario kedua.

1	2	3	4	5	6
A	292,8 - 911,3	43.748	100.000	8	4,5
B	149,4 - 292,8	31.226	79.000	5	5,1
C	65,4 - 149,4	32.436	77.000	3	5,5
D	23,7 - 65,4	23.954	58.000	2	6,2
E	0,6 - 23,7	17.276	41.000	1	6,9
F	Null	40.574	93.000	0	-

Keterangan kolom

- 1 = Kelas
- 2 = Indeks aksesibilitas (x 100.000)
- 3 = Jumlah bangunan tinggal
- 4 = Estimasi jumlah penduduk
- 5 = Rata-rata jumlah fasyankes yang dapat diakses
- 6 = Rata-rata waktu tempuh (menit)



Gambar 8. Peta indeks aksesibilitas fasyankes 24 jam di pada skenario ketiga.

Pada skenario ketiga atau skenario malam hari, indeks aksesibilitas semakin menurun yang artinya akses penduduk terhadap fasyankes semakin sulit. Perubahan corak yang paling signifikan dapat diamati di Kecamatan Kokap dan Kalibawang serta bagian utara Kecamatan

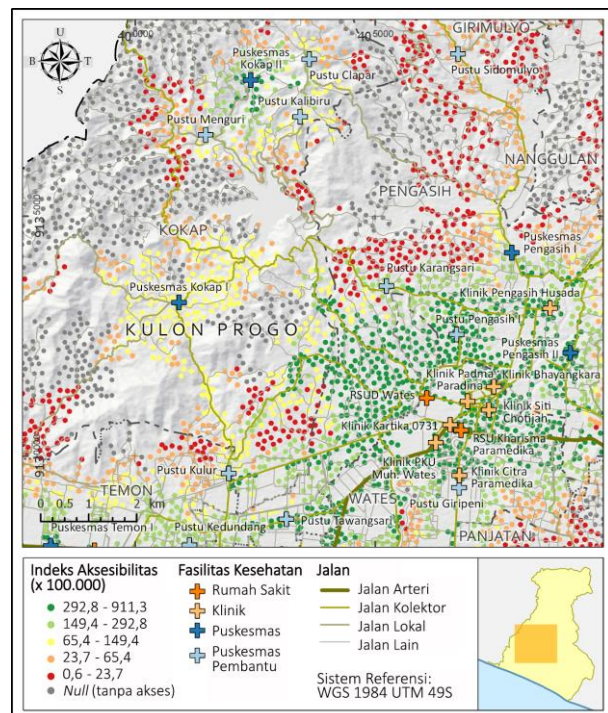
Panjatan dan Lendah yang kini didominasi oleh titik berwarna abu-abu dalam kelas indeks F (**Gambar 8**). Kesimpulannya semakin banyak penduduk di daerah ini yang tidak dapat mengakses fasyankes dalam waktu 8 menit. Dengan kata lain, penduduk di daerah tersebut tidak dapat memperoleh pelayanan medis darurat di malam hari. Hal ini dialami oleh hampir sepertiga penduduk Kabupaten Kulon Progo atau kurang lebih 140.000 jiwa yang mendiami sejumlah 60.809 bangunan (**Tabel 7**).

Tabel 7. Rata-rata jumlah fasyankes yang dapat diakses dan waktu tempuh pada skenario ketiga.

1	2	3	4	5	6
A	292,8 - 911,3	37.812	85.000	4	4,1
B	149,4 - 292,8	30.711	77.000	4	5,2
C	65,4 - 149,4	26.171	64.000	2	5,8
D	23,7 - 65,4	21.136	52.000	2	6,4
E	0,6 - 23,7	12.575	30.000	1	7,0
F	Null	60.809	140.000	0	-

Keterangan kolom

- 1 = Kelas
- 2 = Indeks aksesibilitas (x 100.000)
- 3 = Jumlah bangunan tinggal
- 4 = Estimasi jumlah penduduk
- 5 = Rata-rata jumlah fasyankes yang dapat diakses
- 6 = Rata-rata waktu tempuh (menit)

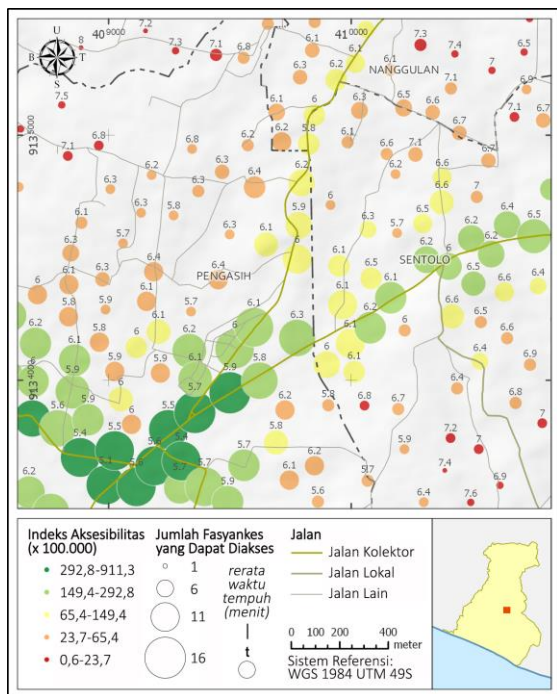


Gambar 9. Peta indeks aksesibilitas fasyankes 24 jam di Kecamatan Wates dan sekitarnya.

Perubahan corak yang signifikan terjadi di daerah perbukitan, terutama di Kecamatan Kokap yang tidak memiliki fasyankes dengan jam buka 24 jam. Hampir semua titik-titik di daerah tersebut menjadi abu-abu. Sebagian besar penduduknya memerlukan waktu lebih dari 8 menit untuk

mengakses fasyankes, khususnya pada malam hari. Sebaliknya, Kecamatan Wates yang berada di sebelah tenggaranya dipenuhi dengan corak hijau tua yang berarti indeks aksesibilitasnya tetap tinggi pada malam hari. Hal itu disebabkan di daerah tersebut terdapat 4 fasyankes yang buka 24 jam. Corak yang kontras antara kedua kecamatan tersebut dapat dilihat dalam **Gambar 9**. Perubahan di daerah perbukitan yang masif disebabkan oleh jumlah fasyankes 24 jam di daerah ini hanya tiga unit. Sebaliknya, di bagian selatan Kulon Progo terdapat 23 unit fasyakes sehingga indeks aksesibilitasnya relatif konstan.

Berdasarkan hasil ketiga skenario tersebut, semakin tinggi indeks aksesibilitas suatu populasi maka semakin banyak opsi fasyankes yang dapat diakses dan semakin cepat waktu tempuh yang diperlukan untuk mengaksesnya. Secara grafis hal itu dapat dilihat dalam peta pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Peta indeks aksesibilitas fasyankes pada skenario pertama di Kecamatan Pengasih dan sekitarnya.

Pada peta dalam gambar tersebut dapat diamati bahwa lingkaran hijau yang berindeks tinggi ukurannya relatif lebih besar dibanding lingkaran merah yang berindeks rendah. Hal itu berarti jumlah fasyankes yang dapat diakses oleh penduduk pada lingkaran hijau lebih banyak dibanding penduduk pada lingkaran merah. Selain itu, angka di atas lingkaran hijau juga cenderung bernilai lebih kecil dibanding lingkaran merah. Hal itu mengindikasikan bahwa penduduk pada lingkaran hijau dapat lebih cepat mengakses fasyankes daripada penduduk pada lingkaran merah sebab waktu tempuh yang diperlukan lebih sedikit.

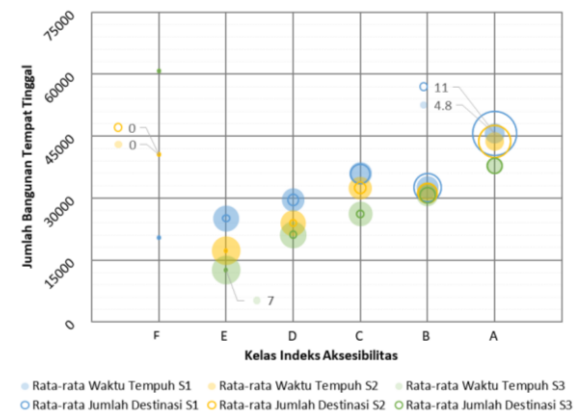
Pengaruh jumlah fasyankes yang dianalisis terhadap indeks aksesibilitas dapat dilihat dengan menyajikan hasil hitungan setiap skenario dalam

satu grafik yang sama, seperti yang ditampilkan pada **Gambar 11**. Berdasarkan grafik tersebut, pola yang nampak adalah tren menurun pada jumlah bangunan tempat tinggal dalam tiap kelas indeks. Kelas indeks A memiliki jumlah yang terbanyak kemudian makin berkurang di kelas indeks B, C, D, hingga menjadi paling sedikit pada kelas indeks E.

Jumlah bangunan tempat tinggal semakin menurun di setiap skenario, yakni skenario pertama yang terbanyak, dan skenario ketiga yang paling sedikit. Rata-rata jumlah fasyankes yang dapat diakses juga mengalami penurunan di setiap skenario yang ditunjukkan oleh ukuran lingkaran garis yang semakin kecil. Hal itu menunjukkan penurunan indeks aksesibilitas yang berarti semakin banyak penduduk dengan kesulitan lebih untuk mengakses fasyankes.

Jumlah bangunan tempat tinggal yang tergolong dalam kelas indeks F semakin meningkat angkanya dalam setiap skenario. Jumlah bangunan paling sedikit pada skenario pertama berkisar 20.000, kemudian naik dua kali lipat menjadi 40.000 lebih pada skenario kedua, dan mencapai puncaknya di kisaran 60.000 pada skenario ketiga (**Gambar 11**). Hal itu menunjukkan bahwa berkurangnya fasyankes yang beroperasi berdampak pada bertambahnya jumlah penduduk yang tidak bisa mengakses fasyankes dalam waktu 8 menit.

Secara keseluruhan, penduduk Kabupaten Kulon Progo memiliki indeks aksesibilitas fasyankes yang rendah. Hal itu nampak pada median nilai indeks yang dihasilkan pada tiap skenario yang tergolong dalam kelas indeks D atau E. Median lebih dipilih untuk menggambarkan sebaran data dibandingkan dengan rata-rata sebab nilai indeks yang dihasilkan dalam kegiatan ini tidak terdistribusi secara normal. Pada skenario pertama, nilai indeks memiliki median $6,08 \times 10^{-4}$ dengan rata-rata $1,35 \times 10^{-3}$. Pada skenario kedua, mediannya turun menjadi $5,08 \times 10^{-4}$ dengan rata-rata $1,27 \times 10^{-3}$. Adapun pada skenario ketiga, mediannya semakin turun hingga mencapai angka $2,22 \times 10^{-4}$ dengan rata-rata $1,08 \times 10^{-3}$.



Gambar 11. Rata-rata waktu tempuh dan jumlah destinasi fasyankes yang dapat diakses pada setiap skenario.

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa faktor yang berpengaruh pada indeks aksesibilitas. Dari sisi fasyankes, faktor yang berpengaruh adalah lokasi, distribusi spasial, dan jam buka fasyankes. Jam buka fasyankes merupakan aspek ketersediaan, seperti yang dijelaskan oleh Cabrera-Barona et al, (2017). Dalam hal pengguna layanan, faktor yang berdampak adalah sebaran tempat tinggal warga yang akan menggunakan fasyankes. Semakin dekat tempat tinggal warga dengan fasyankes, indeks aksesibilitasnya akan semakin tinggi, seperti yang ada di Kalimantan Selatan (Nisa et al., 2017). Transportasi juga memiliki pengaruh yang besar. Aspek kemudahan transportasi di Kulon Progo tidak hanya menyangkut infrastrukturnya saja, melainkan juga aspek topografi yang berbukit di sebagian wilayah.

Validasi Hasil

Validasi waktu tempuh hasil perhitungan analisis jaringan dilakukan dengan membandingkannya terhadap waktu tempuh hasil pengukuran di lapangan. Waktu tempuh riil di lapangan diukur menggunakan GPS genggam Garmin Map seri 64S dengan kendaraan mobil pada 10 Mei 2019 pukul 11:00-15:00 WIB. Pengukuran waktu tempuh dilakukan dari 21 titik lokasi penduduk ke lima fasyankes, yakni RSUD Kharisma Paramedika, RSUD Nyi Ageng Serang, RSUD PKU Muh. Nanggulan, RSUD St. Yusup Boro, dan Puskesmas Samigaluh I (**Gambar 12**). Total terdapat 30 rute dari lokasi penduduk ke fasyankes yang diukur waktu tempuhnya (**Tabel 8**).



Gambar 12. Segmen-segmen jalan yang digunakan sebagai uji akurasi.

Untuk menentukan kesesuaian hasilnya, waktu tempuh yang diperlukan untuk melintasi rute-rute tersebut dibandingkan dengan zona area layanan fasyankes terkait. Berdasarkan **Tabel 8**, 24 rute (80%) dapat dijangkau sesuai zona waktu tempuhnya, sedangkan 6 (20%) sisanya tidak. Rute nomor 9 dan 20 dapat ditempuh lebih cepat dari zonanya, sementara rute nomor 11, 16, 23 dan 28 memerlukan waktu tempuh yang lebih lama.

Tabel 8. Hasil pengukuran waktu tempuh dari lokasi uji ke fasyankes.

No.	Dari (Lokasi uji)	Ke (Fasyankes)	Area Layanan (menit)	Waktu Tempuh (menit)	Kesesuaian
1.	1	A	< 8	5,4	Ya
2.	2	A	8 – 15	12,3	Ya
3.	3	A	> 15	22,0	Ya
4.	4	A	< 8	5,2	Ya
5.	5	A	8 – 15	13,3	Ya
6.	6	A	> 15	16,7	Ya
7.	7	B	< 8	7,8	Ya
8.	8	B	8 – 15	11,1	Ya
9.	9	B	> 15	13,9	Tidak
10.	10	B	< 8	7,6	Ya
11.	11	B	8 – 15	15,2	Tidak
12.	12	B	> 15	18,0	Ya
13.	12	C	< 8	5,8	Ya
14.	13	C	8 – 15	13,5	Ya
15.	14	C	> 15	18,6	Ya
16.	6	C	< 8	8,7	Tidak
17.	5	C	8 – 15	12,1	Ya
18.	4	C	> 15	20,2	Ya
19.	12	D	< 8	5,7	Ya
20.	11	D	8 – 15	7,9	Tidak
21.	10	D	> 15	16,3	Ya
22.	14	D	< 8	7,1	Ya
23.	15	D	8 – 15	16,7	Tidak
24.	16	D	> 15	22,0	Ya
25.	16	E	< 8	6,1	Ya
26.	17	E	8 – 15	12,6	Ya
27.	18	E	> 15	17,0	Ya
28.	19	E	< 8	9,3	Tidak
29.	20	E	8 – 15	14,8	Ya
30.	21	E	> 15	18,5	Ya

Keterangan:

- A = Puskesmas Samigaluh I
- B = RSUD St. Yusup Boro
- C = RSUD PKU Muh. Nanggulan
- D = RSUD Nyi Ageng Serang
- E = RSUD Kharisma Paramedika

Nomor lokasi penduduk mengacu ke peta dalam **Gambar 12**. Waktu tempuh yang belum sesuai tersebut disebabkan pemodelan jaringan jalan dalam kegiatan ini belum menggunakan informasi data kepadatan lalu lintas dan hambatan lampu lalu lintas. Data kepadatan lalu lintas dapat mengindikasikan jalan-jalan yang dapat dilintasi lebih cepat dari spesifikasi kelas jalannya dapat diketahui, misalnya rute nomor 9 dan 20 (**Tabel 8**). Segmen jalan cukup yang ramai memerlukan

waktu tempuh lebih lama juga dapat diidentifikasi, seperti pada rute nomor 23 dan 28.

Data hambatan lampu lalu lintas dapat digunakan untuk menghitung lamanya hambatan perjalanan pada setiap pemberhentian di persimpangan jalan dengan lampu lalu lintas. Hal itu seperti rute nomor 11 dan 16 yang memerlukan waktu tempuh lebih lama sebab melewati dua persimpangan dengan lampu lalu lintas.

Kepadatan lalu lintas di sebagian besar wilayah Kabupaten Kulon Progo masih relatif rendah. Kepadatan yang tinggi hanya ada di jalan nasional. Secara umum, perjalanan menuju fasyankes dapat dilakukan lebih cepat pada jam-jam tidak sibuk, misalnya pada sore atau malam hari. Namun demikian, perjalanan malam hari di wilayah pegunungan (Kecamatan Kokap, Girimulyo, Nanggulan, Kalibawang, dan Samigaluh) membutuhkan waktu yang lebih lama karena geometri jalan yang naik turun dan berbelok tajam dengan lampu penerangan jalan yang terbatas.

KESIMPULAN

Aksesibilitas spasial fasyankes di Kabupaten Kulon Progo dihitung berdasarkan area layanan dan indeks aksesibilitas. Perhitungan ini melibatkan data fasyankes, bangunan tempat tinggal, dan jaringan jalan. Area layanan fasyankes dihitung menggunakan analisis jaringan *Service Area* dengan interval waktu tempuh 8 dan 15 menit. Sementara itu, indeks aksesibilitas dikalkulasi menggunakan analisis jaringan *OD Cost Matrix* dengan batasan waktu 8 menit berdasarkan metode E2SFCA.

Berdasarkan hasil perhitungan, sebagian besar wilayah Kabupaten Kulon Progo tercakup dalam area layanan fasyankes dalam waktu tempuh 8 dan 15 menit. Area layanan 8 menit fasyankes meliputi area seluas 409,6 km² dengan sekitar 387.000 penduduk. Sementara itu, area layanan 15 menit fasyankes memiliki luas 510,9 km² dan menjangkau kurang lebih 436.000 penduduk. Namun demikian, masih terdapat sekitar 61.000 penduduk berada di luar area layanan 8 menit dan sekitar 12.000 warga yang tinggal di luar area layanan 15 menit. Sebagian besar dari mereka berdomisili di daerah perbukitan. Penduduk Kabupaten Kulon Progo umumnya memiliki indeks relatif rendah, dengan rata-rata terdapat tiga fasyankes yang dapat diakses dalam waktu 8 menit. Di lokasi berindeks aksesibilitas tinggi rata-rata terdapat 11 fasyankes yang dapat diakses penduduk dalam waktu 8 menit.

Lokasi berindeks tinggi kebanyakan berada di daerah dataran rendah yang terletak di sebelah selatan dan tenggara Kulon Progo. Lokasi yang berindeks nol berada di daerah perbukitan yang terletak di sebelah barat dan utara. Kondisi topografi tampak jelas berpengaruh pada luas cakupan area layanan dan indeks aksesibilitas.

Area layanan dipengaruhi oleh faktor lokasi fasyankes, jaringan jalan, dan kepadatan jalan saat dilakukan perjalanan. Aspek kepadatan jalan berkorelasi dengan aktivitas masyarakat. Kepadatan jalan pada waktu pagi, siang, sore, dan malam akan berbeda, sehingga merupakan hal penting pada penelitian selanjutnya. Ketersediaan jaringan jalan yang menjangkau semua wilayah akan meningkatkan area layanan. Waktu tempuh perjalanan dipengaruhi oleh geometri jalan, yaitu lebar jalan dan kemiringannya. Pemanfaatan DEMNas membuat perhitungan waktu tempuh menjadi lebih baik karena faktor kemiringan jalan dapat dimasukkan. Selain kedua faktor tersebut, indeks aksesibilitas juga dipengaruhi oleh dengan distribusi penduduk dan ketersediaan layanan. Semakin banyak fasyankes yang memberikan layanan 24 jam maka indeks aksesibilitasnya juga akan meningkat.

Peta area layanan fasyankes sudah relatif banyak digunakan, namun indeks aksesibilitas sampai tingkat satuan rumah tangga masih jarang ditemui. Indeks aksesibilitas memberikan informasi yang lebih lengkap dibandingkan dengan area layanan. Pada indeks aksesibilitas, terdapat informasi tingkat kemudahan dalam mengakses fasyankes, tidak hanya waktu tempuh ke fasyankes. Pembuatan peta area layanan dan indeks aksesibilitas membutuhkan informasi lokasi yang akurat, lengkap dan detail. SIG merupakan perangkat lunak yang diperlukan untuk kegiatan seperti ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pertanahan dan Tata Ruang Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah menyediakan data bangunan dan jaringan jalan yang digunakan dalam penelitian ini. Apresiasi ditujukan kepada Badan Informasi Geospasial yang menyediakan Data DEMNas secara terbuka dan mudah diakses.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghnia, Q., Aprella, P., Hardati, P., & Arifien, M. (2018). Pengaruh Pola Sebaran Sarana dan Prasarana Kesehatan Terhadap Aksesibilitas Pelayanan Kesehatan Masyarakat di Kabupaten Tegal Tahun 2016. *Geo Image*, 7(1), 31–38.
- Ashik, F. R., Mim, S. A., & Neema, M. . (2020). Towards vertical spatial equity of urban facilities: An integration of spatial and aspatial accessibility. *Journal of Urban Management*, 9(1), 77–92.
- Badan Informasi Geospasial. (2019). *DEMNAS*. <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>.
- Biro Tata Pemerintahan DIY. (2018). *Data Agregat Kependudukan DIY*. <https://kependudukan.jogjapro.go.id>
- Black, M., Ebener, S., Aguilar, P. N., Vidaurre, M., & Morjani, Z. El. (2004). *Using GIS to Measure Physical Accessibility to Health Care*. 1–22. <https://www.researchgate.net/publication/2287281>

67

- Blanchard, I. E., Doig, C. J., Hagel, B. E., Anton, A. R., Zygun, D. A., Kortbeek, J. B., Powell, D. G., Williamson, T. S., Fick, G. H., & Innes, G. D. (2012). Emergency medical services response time and mortality in an urban setting. *Prehospital Emergency Care*, 16(1), 142–151. <https://doi.org/10.3109/10903127.2011.614046>
- BPS Kabupaten Kulon. (2019). *Kabupaten Kulon Progo dalam Angka 2019*. BPS Kabupaten Kulon Progo.
- Cabrera-Barona, P., Blaschke, T., & Kienberger, S. (2017). Explaining Accessibility and Satisfaction Related to Healthcare: A Mixed-Methods Approach. *Social Indicators Research*, 133(2), 719–739. <https://doi.org/10.1007/s11205-016-1371-9>
- Cui, B., Boisjoly, G., Miranda-Moreno, L., & El-Geneidy, A. (2020). Accessibility matters: Exploring the determinants of public transport mode share across income groups in Canadian cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102276>
- Daskin, M. S., & Dean, L. K. (2006). Location of Health Care Facilities. *Operations Research and Health Care*, 43–76. https://doi.org/10.1007/1-4020-8066-2_3
- Dinas Kesehatan Kabupaten Kulon Progo (2018). *Profil Kesehatan Kabupaten Kulon Progo Tahun 2018 (Data 2017)*. Dinas Kesehatan Kabupaten Kulon Progo. <https://drive.google.com/file/d/17nK7jLrwcrcfCk3mUujy9zgYPpYvUpkwz/view>
- Gao, F., Kihal, W., Meur, N., Souris, M., & Deguen, S. (2017). Does the edge effect impact on the measure of spatial accessibility to healthcare providers? *International Journal of Health Geographics*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12942-017-0119-3>
- Gu, X., Zhang, L., Tao, S., & Xie, B. (2019). Spatial accessibility to healthcare services in metropolitan suburbs: The case of qingpu, Shanghai. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph16020225>
- Guagliardo, M. (2004). Spatial accessibility of primary care: concepts , methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*, 13, 1–13. <http://www.ij-healthgeographics.com/content/3/1/3>
- Hadi, P. L., Joewono, T. B., & Santosa, W. (2013). Aksesibilitas menuju fasilitas kesehatan di kota bandung. *Jurnal Transportasi*, 13(3), 213–222.
- Kementerian Kesehatan. (2015). *Rencana Strategis Kementerian Kesehatan Tahun 2015-2019*. Kementerian Kesehatan RI.
- Kemp, H. R. (1990). Climbing ability of four-wheel-drive vehicles. *Journal of Terramechanics*, 27(1), 7–23. [https://doi.org/10.1016/0022-4898\(90\)90020-M](https://doi.org/10.1016/0022-4898(90)90020-M)
- Khakh, A. K., Fast, V., & Shahid, R. (2019). Spatial accessibility to primary healthcare services by multimodal means of travel: Synthesis and case study in the city of calgary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph16020170>
- Linard, C., Gilbert, M., Snow, R. W., Noor, A. M., & Tatem, A. J. (2012). Population distribution, settlement patterns and accessibility across Africa in 2010. *PLoS ONE*, 7(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031743>
- Luo, W., & Qi, Y. (2009). An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. *Health and Place*, 15(4), 1100–1107. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2009.06.002>
- Luo, W., & Wang, F. (2003). Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6), 865–884. <https://doi.org/10.1068/b29120>
- Neutens, T. (2015). Accessibility, equity and health care: Review and research directions for transport geographers. *Journal of Transport Geography*, 43, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.12.006>
- Nisa, L. S., Siska, D., Maliani, Putryanda, Y., Noor, G. S., & Wajidi. (2017). Pemetaan Fasilitas Kesehatan pada Puskesmas di Kalimantan Selatan. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, 12(2), 219–229.
- Peters, D. H., Garg, A., Bloom, G., Walker, D. G., Brieger, W. R., & Hafizur Rahman, M. (2008). Poverty and Access to Health Care in Developing Countries. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1136(1), 161–171. <https://doi.org/10.1196/annals.1425.011>
- RI. (2018). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2017*. Kementerian Kesehatan RI.
- Sutikno. (2013). *Aksesibilitas pelayanan kesehatan di Kabupaten Lampung Tengah kajian dengan Access Mod 3.0*.
- Trisminingsih, R., & Sagala, C. H. (2017). Visualisasi Berbasis Web Indeks Aksesibilitas Fasilitas Kesehatan di Kota Bogor. *Journal of Regional and Rural Development Planning*, 1(2), 183. <https://doi.org/10.29244/jp2wd.2017.1.2.183-191>
- Wang, F., & Luo, W. (2005). Assessing spatial and nonspatial factors for healthcare access: Towards an integrated approach to defining health professional shortage areas. *Health and Place*, 11(2), 131–146. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2004.02.003>
- Yanuar, D. R. (2019). *Pembuatan peta aksesibilitas fasilitas pelayanan kesehatan di Kabupaten Kulon Progo*.

EVALUASI SPASIAL LOKASI KANTOR PEMERINTAHAN BERDASARKAN MODEL AREA LAYANAN DI KABUPATEN BOGOR

(Spatial Evaluation of Government Offices based on Service Area Model in Bogor Regency)

Danang Budi Susetyo^{1,3} & Nugroho Purwono^{2,3}

¹Departemen Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada

²Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada

³Badan Informasi Geospasial

Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281

E-mail: danang.budi.s@mail.ugm.ac.id / danang.budi@big.go.id

Diterima: 3 Februari 2021; Direvisi: 11 Oktober 2021 Disetujui untuk Dipublikasikan: 20 Oktober 2021

ABSTRAK

Kabupaten Bogor merupakan kabupaten yang sangat besar dengan luas wilayah 2.986,20 km² dan memiliki 40 kecamatan serta 435 desa/ kelurahan. Dengan banyaknya desa yang harus dilayani, kegiatan pemerintahan dan pelayanan publik di Kabupaten Bogor tersentralisasi di Kecamatan Cibinong. Ini menjadi tantangan tersendiri, karena ratusan desa yang berada di beberapa kecamatan terluar di Kabupaten Bogor berjarak puluhan kilometer dari Kecamatan Cibinong. Kondisi ini memunculkan sebuah pertanyaan mengenai kualitas distribusi layanan pemerintahan di Kabupaten Bogor jika dipandang dari perspektif kewilayahan. Penelitian ini mencoba mengeksplorasi secara teknis kondisi eksisting keberadaan kantor-kantor pelayanan publik di Kabupaten Bogor dalam konteks keruangan (spasial). Basis metode dalam penelitian ini yaitu analisis jaringan, di mana dalam konteks kewilayahan, metode tersebut memungkinkan untuk menyelidiki bagaimana struktur perkotaan dan pola aktivitas yang diakomodasi di dalamnya berinteraksi satu sama lain. Hasilnya, wilayah Kabupaten Bogor yang terjangkau dalam waktu kurang dari 1 jam tidak mencapai 70%, meski secara rasio 90% penduduk dapat mengakses layanan pemerintah daerah kurang dari durasi waktu tersebut. Namun idealnya tentu saja seluruh masyarakat mendapatkan layanan dengan baik dan maksimal. Oleh karena itu diperlukan penambahan kantor representatif pemerintahan di wilayah-wilayah yang tidak terjangkau berdasarkan model area layanan. Hasil analisis desa-desa yang direkomendasikan sebagai lokasi kantor representatif tersebut adalah Desa Pangaur (Kecamatan Jasinga), Desa Singabraja (Kecamatan Tenjo), Desa Antajaya (Kecamatan Tanjungsari), dan Desa Malasari (Kecamatan Nanggung).

Kata kunci: analisis jaringan, area layanan, Kabupaten Bogor, kantor pemerintahan

ABSTRACT

Bogor Regency is a huge regency with 2,986.20 km² and has 40 districts and 435 villages. With many villages that must be served, government activities and public services in Bogor Regency are centralized in Cibinong District. That is a challenge because hundreds of villages located in some of the outermost districts in Bogor Regency are tens of kilometers from Cibinong District. It brings a question about the quality of government services distribution in Bogor Regency from a spatial planning perspective. This research tried to explore the existing condition of public services offices in Bogor Regency from a spatial context. The basis in this research is network analysis, wherein spatial context, this method enables to find out the interaction between urban structures and their activity pattern. As a result, the area of Bogor Regency that can be reached in less than 1 hour is below 70%, even though in a ratio 90% of the population can access local government services for less than that time. However, it is ideal only if all people there can get excellent and maximal services. Thus, it is necessary to add more representative government offices in inaccessible areas based on the service area model. This research recommends Pangaur (Jasinga District), Singabraja (Tenjo District), Antajaya (Tanjungsari District), and Malasari (Nanggung District) Villages as locations for those representative offices.

Keywords: network analysis, service area, Bogor Regency, government offices

PENDAHULUAN

Kabupaten Bogor merupakan kabupaten yang sangat besar dengan luas wilayah 2.986,20 km² dan memiliki 40 kecamatan serta 435 desa/ kelurahan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor, 2021). Dengan begitu banyaknya desa yang harus dilayani serta luas wilayah yang begitu besar,

kegiatan pemerintahan dan pelayanan publik di Kabupaten Bogor justru tersentralisasi di Kecamatan Cibinong yang merupakan ibukota dari Kabupaten Bogor. Sebagai contoh, Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil, Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu, dan Badan Pengelolaan Pendapatan Daerah

berlokasi di Kecamatan Cibinong. Sementara, penduduk yang berada di kecamatan terluar berpotensi memiliki peluang aksesibilitas yang lebih rendah dibandingkan penduduk yang berada di sekitar Kecamatan Cibinong. Ini menjadi tantangan tersendiri, karena ratusan desa yang berada di beberapa kecamatan terluar di Kabupaten Bogor berjarak puluhan kilometer dari Kecamatan Cibinong.

Sebagai gambaran, salah satu desa di Kabupaten Bogor, yaitu Desa Malasari yang terletak di Kecamatan Nanggung, berada 67,3 km dari Kecamatan Cibinong jika diukur menggunakan Google Maps. Jarak ini bahkan lebih jauh dari jarak Cibinong ke Jakarta Utara yang "hanya" sepanjang 51,1 km jika diukur dengan perangkat yang sama. Ini tentu menjadi kendala yang sangat besar bagi warga yang ingin mendapatkan layanan pemerintahan karena jarak yang begitu jauh tersebut.

Kondisi ini memunculkan sebuah pertanyaan mengenai kualitas distribusi layanan pemerintahan di Kabupaten Bogor jika dipandang dari perspektif kewilayahan. Dari sisi ketersediaan layanan pun beberapa aturan menstandarkan sejumlah ketentuan minimal pelayanan dalam konteks penyelenggaraan pemerintah, seperti pada Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 62 Tahun 2008 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pemerintahan Dalam Negeri di Kabupaten/Kota. Oleh karena itu, terdapat beberapa aspek pelayanan dasar yang harus disediakan kepada masyarakat sebagai fungsi pemerintah dalam memberikan pelayanan dan mengurus keperluan serta kebutuhan masyarakat untuk meningkatkan taraf kesejahteraan rakyat. Namun demikian, penyediaan Pelayanan Pemerintahan Dalam Negeri tersebut juga perlu mengelaborasi deskripsi geografis (spasial) khususnya faktor lokasi yang merupakan aspek penting dalam pelayanan yang bersifat publik maupun penyelenggaraan suatu pemerintahan (Dostál & Saey, 2000).

Lebih lanjut, dalam konteks kewilayahan faktor lokasi dan distribusi merupakan hal yang tidak dapat diabaikan untuk mencapai kelayakan penyelenggaraan pemerintahan yang mampu menghadirkan pencapaian politik dan sosial, kepraktisan dan efektivitas pelayanan, serta kemampuan kerja birokrasi pemerintahan (Saey, 2002). Dengan demikian, maka pelayanan publik dan penyelenggaraan pemerintahan di Kabupaten Bogor perlu dikaji guna mendapatkan informasi terkait kualitas penyelenggaraan pemerintahan khususnya distribusi layanan yang sesuai dengan kondisi kewilayahan setempat.

Penelitian ini mencoba mengeksplorasi secara teknis kondisi eksisting keberadaan kantor-kantor pelayanan publik di Kabupaten Bogor dalam konteks keruangan (spasial). Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan faktor lokasi, jarak, distribusi, dan populasi penduduk sebagai variabel yang diukur untuk mendapatkan penilaian secara kuantitatif. Dengan demikian keterjangkauan

terhadap sejumlah titik pelayanan publik merupakan dasar pemikiran untuk meninjau kemudahan akses masyarakat pada layanan pemerintahan di Kabupaten Bogor. Analisis terhadap hal tersebut dilakukan menggunakan instrumen SIG (Sistem Informasi Geografis). Hasil analisis tersebut dapat memberikan informasi dalam menentukan posisi titik-titik layanan pemerintahan secara tepat berdasarkan prinsip keadilan (*equity*) dalam konteks kewilayahan. Prinsip keadilan berarti seluruh penduduk mendapatkan layanan yang sama dimana pun lokasi tempat tinggalnya serta kemudahan dalam mengakses fasilitas publik bagaimana pun kondisinya (Dadashpoor et al., 2016).

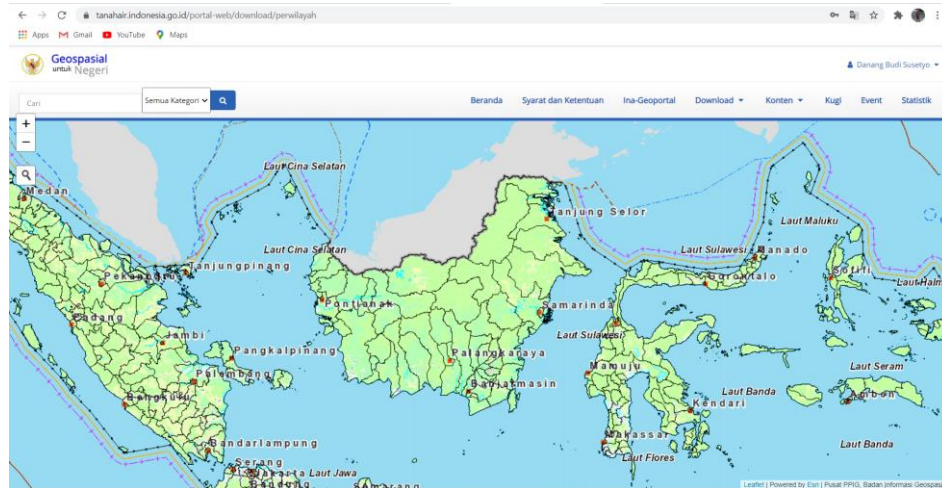
Salah satu standar dalam penentuan lokasi fasilitas publik khususnya kantor layanan pemerintahan adalah radius layanan yang direpresentasikan dalam area layanan (*service area*). Area layanan merupakan hasil dari analisis jaringan (*network analysis*), yaitu pemodelan jaringan spasial yang digunakan untuk menentukan jalur yang paling efektif berdasarkan waktu atau jarak (Murad, 2007) berdasarkan empat elemen: *center*, *link*, *node*, dan *impedance* (Oh & Jeong, 2007). Analisis jaringan seperti ini sangat bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan langsung dengan kehidupan masyarakat seperti mencari rute terdekat atau mencari fasilitas terdekat dengan jarak dan waktu tertentu (Lwin & Murayama, 2012). Pada implementasinya, analisis jaringan juga banyak diterapkan untuk keperluan kebencanaan seperti penentuan rute evakuasi yang paling efektif (Yi et al., 2012) atau evaluasi rencana *shelter* untuk evakuasi darurat (Sutikno & Murakami, 2015). Dalam SIG, model area layanan seringkali dikombinasikan dengan analisis *overlay* untuk mendapatkan *output* baru yang lebih informatif menggunakan metode-metode seperti *intersect*, *union*, atau *identity* (Murad, 2007).

METODE

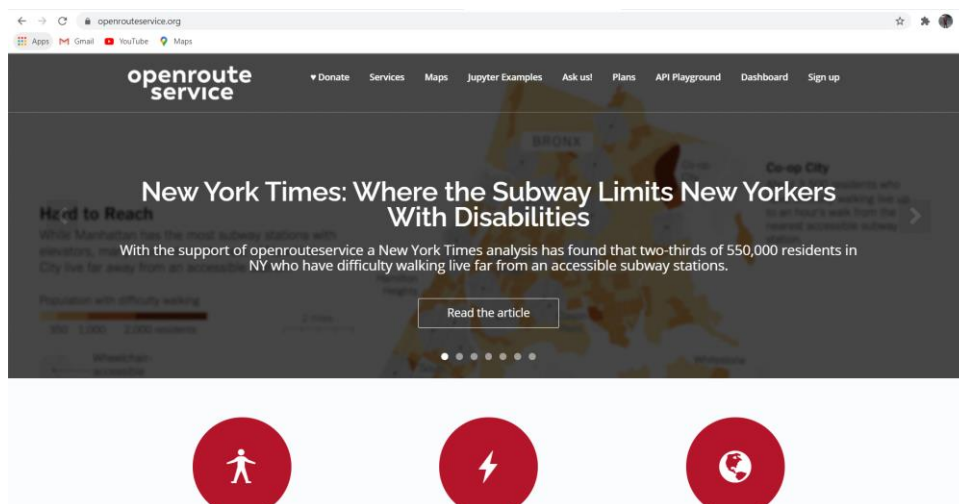
Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data Rupabumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 yang diunduh dari Ina-Geoportal (<https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>) yang tampilannya dapat dilihat pada **Gambar 1**. Unsur yang digunakan meliputi kantor pemerintahan dan batas administrasi. Selain data RBI, untuk membentuk area layanan digunakan *open route service* (<https://openrouteservice.org/>) seperti pada **Gambar 2**, yaitu *provider* yang menyediakan layanan *directions* di seluruh dunia yang memungkinkan untuk melakukan analisis rute dan navigasi secara *online*. Untuk dapat menggunakan fitur tersebut dalam pembentukan model area layanan, digunakan *plugin* ORS Tools pada perangkat QGIS. Dari beberapa fitur *open route service* API yang disediakan, digunakan dua fitur untuk menganalisis layanan pemerintahan di Kabupaten Bogor, yaitu *time-distance matrix* dan

isochrones (Bauer et al., 2008; Gamper et al., 2011; van den Berg et al., 2018). Dalam penelitian ini juga dibahas jumlah penduduk yang terlayani maupun tidak terlayani berdasarkan distribusi spasial dari sejumlah lokasi kantor pemerintahan di Kabupaten Bogor. Untuk itu, diperlukan data persebaran jumlah penduduk yang merupakan variabel penting untuk mengestimasi area layanan (van den Berg et al., 2018), di mana dalam penelitian ini digunakan

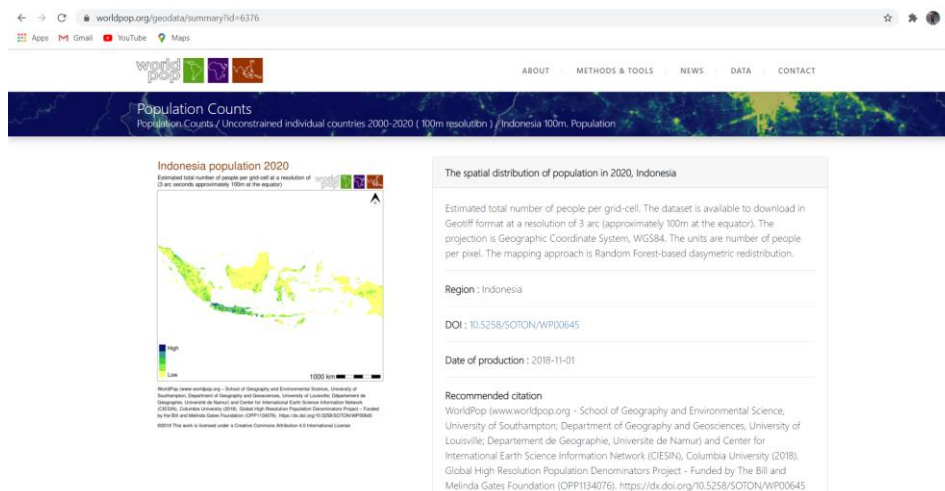
data raster penduduk yang disediakan oleh *World Population* (<https://www.worldpop.org/>) seperti dapat dilihat pada **Gambar 3**. Data ini merupakan perkiraan jumlah penduduk per *grid cell* dengan resolusi 3 *arc seconds* atau sekitar 100 meter yang dipetakan menggunakan *Random Forest-based dasymetric redistribution* (WorldPop et al., 2018). Data tersebut diperbarui dengan cukup baik di mana telah tersedia data pada tahun 2020.



Gambar 1. Tampilan muka Ina-Geoportal



Gambar 2. Tampilan muka open route service.



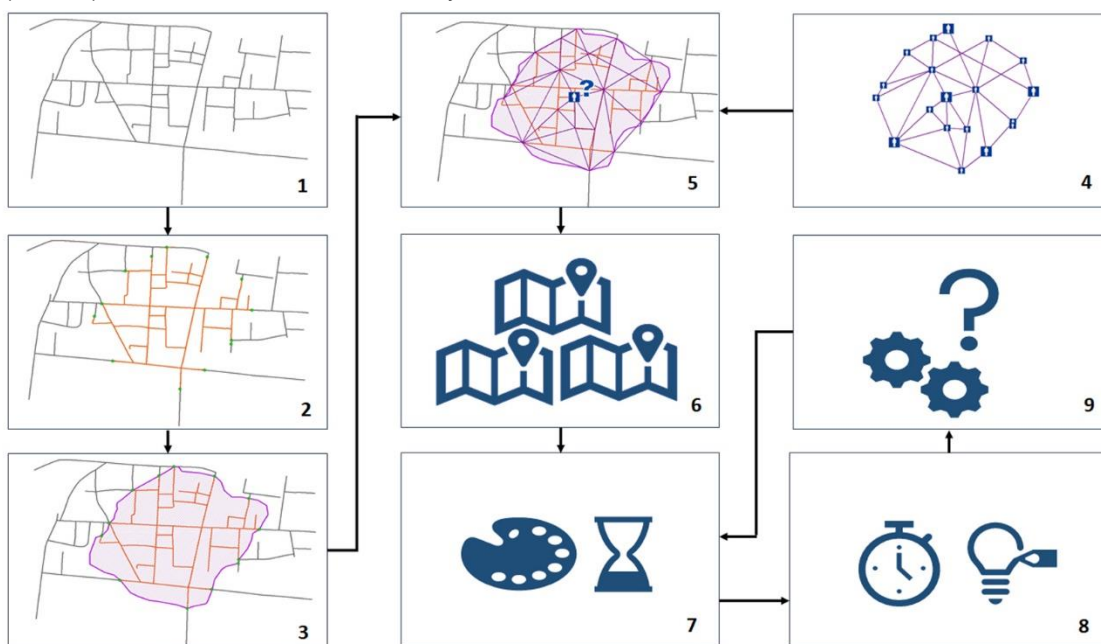
Gambar 3. Tampilan muka World Population

Basis metode dalam penelitian ini yaitu analisis jaringan (*network analysis*), di mana analisis jaringan pada dasarnya adalah sebuah metode analitik dalam SIG yang sangat berguna untuk mendeskripsikan dan mengukur antar jaringan, mengaitkan fenomena jaringan secara spasial, menemukan fasilitas pada sistem jaringan, dan memeriksa pergerakan di seluruh jaringan pada suatu wilayah (Curtin, 2007, 2017). Dalam konteks kewilayahan, metode analisis jaringan tersebut memungkinkan untuk menyelidiki bagaimana struktur perkotaan dan pola aktivitas yang diakomodasi di dalamnya berinteraksi satu sama lain. Dengan berfokus pada efek bentuk atau geometri suatu wilayah administrasi, setiap atribut jaringan dapat diukur secara mandiri dan intuitif dalam batasan geometri wilayah administrasi (Sevtsuk & Mekonnen, 2012).

Secara spesifik analisis jaringan pada penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan atribut-atribut yang tersedia di jaringan jalan untuk menemukan rute optimum yang memiliki total *cost* baik dalam satuan jarak (meter) maupun waktu (menit) (Rai et al., 2013). Untuk menghasilkan rute optimum dan efektif tersebut, jaringan transportasi yang terdiri dari beberapa *vertices* dan *edges* diproses menggunakan algoritma Dijkstra (Shwe & Oo, 2019). Metode yang hampir sama juga digunakan oleh Silalahi et al. (2020) yang menentukan alternatif lokasi-lokasi di Jakarta untuk menambah rumah sakit rujukan dalam penanganan wabah Covid-19. Sebagai data tambahan untuk penentuan alternatif lokasi tersebut, dilakukan proses *matrix from layers* untuk mendapatkan waktu tempuh dari setiap desa/ kelurahan ke Kantor Bupati, di mana setiap desa/ kelurahan direpresentasikan dalam bentuk titik *centroid* dari poligon wilayah desa yang bersangkutan. Data titik lokasi Kantor Bupati Bogor digunakan sebagai acuan (sentral) dalam membentuk area layanan

pemerintahan karena merupakan representasi kondisi aktual secara eksisting. Di sisi lain sebagian besar kantor layanan pemerintah Kabupaten Bogor terpusat di seputar Kantor Bupati atau lebih spesifik di sekitar Jalan Tegar Beriman - Cibinong, sehingga dengan demikian titik di lokasi ini dapat dianggap mewakili keberadaan posisi kantor dinas-dinas lain yang berada di sekitarnya. Selanjutnya, dari titik Kantor Bupati tersebut, dibentuk area layanan menggunakan *plugin ORS Tools*. Untuk dapat menggunakan fitur *openrouteservice* pada *ORS Tools*, hal pertama yang harus dilakukan yakni registrasi pada situs penyedia fitur tersebut dan membuat token yang kemudian dimasukkan ke dalam perangkat QGIS.

Selanjutnya, area layanan dibuat dalam bentuk *isochrone*, yaitu area dalam bentuk poligon yang merepresentasikan waktu atau jarak yang dapat ditempuh dari suatu titik ke seluruh lokasi dalam poligon tersebut (Gamper et al., 2011; van den Berg et al., 2018). Analisis dengan *isochrone* meliputi beberapa langkah teknis pemetaan sebagaimana diilustrasikan pada **Gambar 4**. Pertama, penyiapan *database* jaringan jalan (1); kedua, menghitung jaringan *isochrone* pada database jaringan jalan tersebut (2); menghitung area atau poligon (*buffer isochrone*) dengan menggunakan jaringan yang dihitung pada langkah sebelumnya (3); selanjutnya adalah menyiapkan dataset distribusi populasi (4); menggabungkan area atau poligon *isochrone* dengan data distribusi populasi untuk menentukan jumlah penduduk dalam area *isochrone* (5); *overlay* peta yang memuat perkiraan jumlah orang dalam area *isochrone* (6); langkah selanjutnya terdiri dari visualisasi data yang diolah dan dihitung pada langkah sebelumnya (7); setelah menambahkan elemen interaktif atau simbologi (8), peta *isochrone* diuji (9) dan proses visualisasi dapat diulang jika diperlukan (van den Berg et al., 2018).



Sumber: van den Berg et al (2018)

Gambar 4. Skema penyusunan *isochrone* pada model area layanan.

Nilai yang dimasukkan dapat beberapa angka sekaligus (bisa dalam waktu maupun jarak), dengan hasil yang didapatkan adalah multi-poligon sesuai dengan nilai yang dimasukkan. Pada penelitian ini, cakupan waktu yang dimasukkan adalah 15, 30, 45, dan 60 menit. Setelah *isochrone* tersebut terbentuk, maka dapat dianalisis wilayah desa/ kelurahan yang tidak masuk ke dalam area layanan.

Selanjutnya, untuk menghitung jumlah penduduk yang terlayani pada setiap area layanan, digunakan *zonal statistics* pada QGIS dengan melibatkan data raster populasi dan poligon *isochrone*. Dari proses tersebut didapatkan jumlah penduduk yang terlayani pada setiap area layanan, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara jumlah penduduk yang terlayani dengan baik dan jumlah keseluruhan penduduk Kabupaten Bogor secara spasial. Analisis dilakukan dengan menghitung rasio area layanan dan rasio populasi yang terlayani menggunakan metode yang diadopsi dari Oh & Jeong (2007) (**Persamaan 1** dan **Persamaan 2**).

$$\text{Rasio area layanan (\%)} = \frac{\text{area layanan}}{\text{total area}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Rasio populasi terlayani (\%)} = \frac{\text{populasi terlayani}}{\text{total populasi}} \times 100 \dots (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pembentukan model area layanan dapat dilihat pada **Gambar 5**. Area berwarna hijau adalah area yang terjangkau dalam waktu 15 menit dari Kantor Bupati Bogor (direpresentasikan dalam segitiga berwarna merah dalam poligon hijau tersebut), selanjutnya area berwarna biru, kuning,

dan merah adalah area dengan waktu tempuh 30, 45, dan 60 menit.

Kemudian, jumlah penduduk yang terlayani pada setiap area layanan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Berdasarkan data raster populasi dari *World Population*, jika dihitung pada seluruh area Kabupaten Bogor dengan batas administrasi yang digunakan, maka didapatkan jumlah penduduk Kabupaten Bogor adalah 6.586.129 jiwa. Berdasarkan **Persamaan 1** dan **Persamaan 2**, rasio area layanan dan rasio populasi terlayani dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 1. Jumlah penduduk terlayani per area layanan.

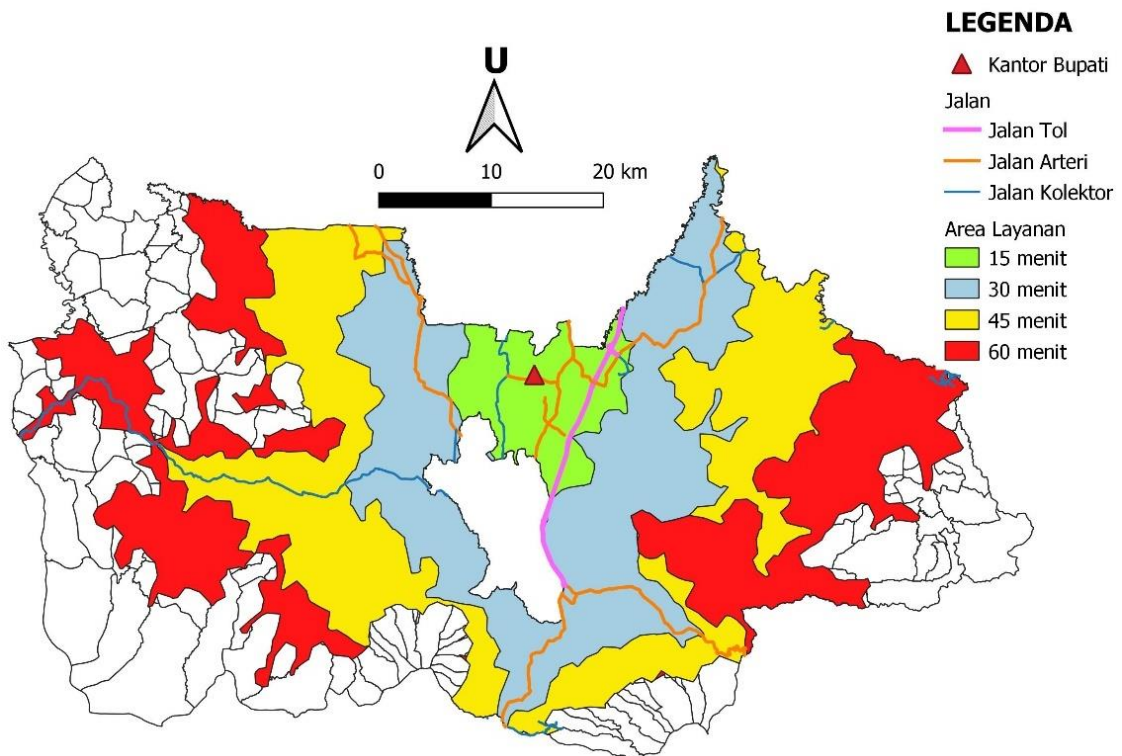
No.	Waktu (Menit)	Jumlah Penduduk Terlayani (Jiwa)
1.	15	1.168.027
2.	30	3.890.942
3.	45	5.273.090
4.	60	5.977.909

Tabel 2. Rasio area layanan.

No.	Waktu (Menit)	Rasio Area Layanan (%)
1.	15	5,11
2.	30	25,58
3.	45	47,72
4.	60	67,97

Tabel 3. Rasio penduduk terlayani.

No.	Waktu (Menit)	Rasio Penduduk Terlayani (%)
1.	15	17,73
2.	30	59,07
3.	45	80,06
4.	60	90,76



Gambar 5. Hasil pembentukan model area layanan.

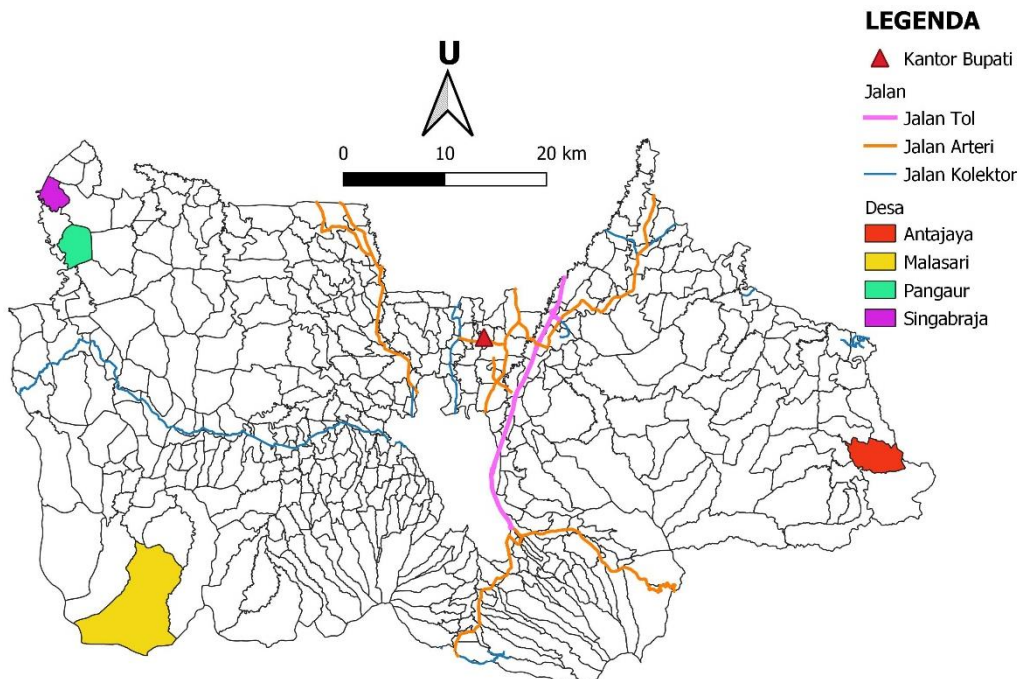
Tabel 2 menjelaskan wilayah yang tercakup pada setiap area layanan berdasarkan waktu tempuh, dimana rasio area layanan adalah perbandingan antara luas wilayah yang tercakup pada area layanan terhadap seluruh area Kabupaten Bogor. Sementara **Tabel 3** menjelaskan perbandingan serupa namun berdasarkan jumlah penduduk, dimana rasio penduduk terlayani adalah perbandingan jumlah penduduk yang tercakup pada area layanan terhadap jumlah seluruh penduduk Kabupaten Bogor. Oleh karena itu, semakin sedikit waktu tempuh yang diperlukan, semakin sedikit area yang tercakup dan penduduk yang terlayani, begitu pula sebaliknya.

Hasil rasio area layanan, dengan skema waktu tempuh tertinggi yaitu 60 menit maka wilayah Kabupaten Bogor yang terlayani dengan baik tidak mencapai 70%. Ini tentu harus menjadi perhatian dari para pemangku kepentingan (*stakeholders*) bahwa ada lebih dari 30% wilayah desa/ kelurahan di Kabupaten Bogor yang tidak terlayani dengan baik, meski secara rasio lebih dari 90% penduduk dapat mengakses layanan pemerintah daerah dalam waktu kurang dari 1 jam. Namun idealnya tentu saja seluruh masyarakat mendapatkan layanan dengan baik dan maksimal, oleh karena itu data tersebut dapat menjadi dasar untuk memperluas jangkauan layanan misalnya dengan penambahan kantor representatif pemerintahan di wilayah-wilayah yang tidak terjangkau berdasarkan model area layanan.

Untuk mengetahui wilayah yang dapat direkomendasikan sebagai lokasi kantor representatif layanan pemerintahan, dapat menggunakan hasil hitungan dari *matrix from layers*. Dari proses tersebut, diketahui ada 45 desa yang berada di luar area layanan dengan waktu tempuh 60 menit atau 1 jam. Dari 45 desa tersebut,

desa yang terjauh adalah Desa Pangaur dengan waktu tempuh 1,5 jam dan berjarak 77,45 km dari Kantor Bupati. Meski demikian, secara jarak, Desa Pangaur bukanlah yang terjauh dari Kantor Bupati, karena desa terjauh adalah Desa Singabraja yang berjarak 91,65 km, namun memiliki waktu tempuh yang lebih pendek yaitu 1,26 jam. Ini merupakan hal yang wajar dalam penerapan analisis jaringan, karena waktu tempuh juga dipengaruhi oleh berbagai kondisi terkait jalan yang digunakan sebagai akses menuju lokasi, sehingga sangat memungkinkan jika jarak yang lebih jauh memiliki waktu tempuh yang lebih sedikit, begitu juga sebaliknya. Oleh karena itu, dua desa tersebut yaitu Desa Pangaur atau Desa Singabraja dapat dipilih sebagai alternatif lokasi di sisi barat.

Sementara itu di sisi timur Kabupaten Bogor juga terdapat desa-desa yang tidak terlayani, sehingga perlu ditetapkan pula alternatif lokasi di wilayah tersebut. Berdasarkan hasil *overlay intersect* antara batas administrasi dan area layanan, ada empat desa di sisi timur yang tidak terlayani sama sekali, yaitu Desa Buanajaya, Antajaya, Sirnarasa, dan Tanjungsari. Dari keempat desa tersebut, Desa Antajaya memiliki waktu tempuh sekaligus jarak yang paling besar, yaitu 1,24 jam dengan jarak 66,01 km. Oleh karena itu, Desa Antajaya dapat menjadi alternatif lokasi penambahan kantor layanan pemerintahan di sisi timur. Kemudian, wilayah barat daya juga diperlukan kantor representatif karena banyak desa yang tidak terjangkau dalam 60 menit. Desa Malasari dapat menjadi alternatif karena merupakan desa dengan waktu tempuh tertinggi di wilayah tersebut, yaitu 1,34 jam dengan jarak 72,24 km. Lokasi desa-desa alternatif tersebut dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Desa-desa untuk alternatif lokasi kantor representatif layanan pemerintahan.

KESIMPULAN

Penelitian ini mencoba mengeksplorasi secara teknis kondisi eksisting keberadaan kantor-kantor pelayanan publik di Kabupaten Bogor dalam konteks keruangan (spasial). Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan faktor lokasi, jarak, distribusi, dan populasi penduduk sebagai variabel yang diukur untuk mendapatkan penilaian secara kuantitatif. Dengan demikian keterjangkauan terhadap sejumlah titik pelayanan publik merupakan dasar pemikiran untuk meninjau kemudahan akses masyarakat pada layanan pemerintahan di Kabupaten Bogor. Hasil analisis tersebut dapat memberikan informasi dalam menentukan posisi titik-titik layanan pemerintahan secara tepat berdasarkan prinsip keadilan (*equity*) dalam konteks kewilayahan.

Basis metode dalam penelitian ini yaitu analisis jaringan, dimana dalam konteks kewilayahan, metode tersebut memungkinkan untuk menyelidiki bagaimana struktur perkotaan dan pola aktivitas yang diakomodasi di dalamnya berinteraksi satu sama lain. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data Rupabumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 yang diunduh dari Ina-Geoportal. Selain data RBI, untuk membentuk area layanan digunakan *openrouteservice*, yaitu *provider* yang menyediakan layanan *directions* di seluruh dunia yang memungkinkan untuk melakukan analisis rute dan navigasi secara *online*. Dalam penelitian ini juga dibahas jumlah penduduk yang terlayani maupun tidak terlayani berdasarkan distribusi spasial dari sejumlah lokasi kantor pemerintahan di Kabupaten Bogor, sehingga diperlukan data persebaran jumlah penduduk yang dalam penelitian ini digunakan data raster dari *World Population*. Data ini merupakan perkiraan jumlah penduduk per grid *cell* dengan resolusi 3 *arc seconds* atau sekitar 100 meter.

Hasil analisis menunjukkan wilayah Kabupaten Bogor yang terlayani dengan baik tidak mencapai 70%. Ini tentu harus menjadi perhatian dari para pemangku kepentingan (*stakeholders*) bahwa ada lebih dari 30% wilayah desa/ kelurahan di Kabupaten Bogor yang tidak terlayani dengan baik, meski secara rasio lebih dari 90% penduduk dapat mengakses layanan pemerintah daerah dalam waktu kurang dari 1 jam. Namun idealnya tentu saja seluruh masyarakat mendapatkan layanan dengan baik dan maksimal, oleh karena itu data tersebut dapat menjadi dasar untuk memperluas jangkauan layanan misalnya dengan penambahan unit representatif pelayanan publik di wilayah yang tidak terjangkau berdasarkan area layanan. Sebagai contoh, unit pelayanan Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil, unit pelayanan Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu, dan unit pelayanan Badan Pengelolaan Pendapatan Daerah. Berdasarkan hitungan *matrix from layers*, Desa Pangaur atau Desa Singabraja dapat dipilih sebagai alternatif lokasi penambahan kantor layanan pemerintahan di sisi barat, Desa Antajaya

dapat menjadi alternatif lokasi di sisi timur, dan Desa Malasari dapat menjadi alternatif lokasi di sisi barat daya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah menyediakan data-data melalui Ina-Geoportal yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. (2021). *Kabupaten Bogor dalam Angka*.
- Bauer, V., Gamper, J., Loperfido, R., Profanter, S., Putzer, S., & Timko, I. (2008). Computing Isochrones in Multi-Modal, Schedule-Based Transport Networks. *Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. <https://doi.org/10.1145/1463434.1463524>
- Curtin, K. M. (2007). Network analysis in geographic information science: Review, assessment, and projections. *Cartography and Geographic Information Science*, 34(2), 103–111. <https://doi.org/10.1559/152304007781002163>
- Curtin, K. M. (2017). Network Analysis. In *Comprehensive Geographic Information Systems* (Vol. 3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09599-3>
- Dadashpoor, H., Rostami, F., & Alizadeh, B. (2016). Is inequality in the distribution of urban facilities inequitable? Exploring a method for identifying spatial inequity in an Iranian city. *Cities*, 52, 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.12.007>
- Dostál, P., & Saey, P. (2000). Geography, public administration and governance. *Belgeo*, 1-2-3-4, 65–78. <https://doi.org/10.4000/belgeo.13908>
- Gamper, J., Böhlen, M., Cometti, W., & Innerebner, M. (2011). Defining Isochrones in Multimodal Spatial Networks. *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, 2381–2384. <https://doi.org/10.1145/2063576.2063972>
- Lwin, K. K., & Murayama, Y. (2012). GIS Network Model in Geospatial Analysis. In Y. Murayama (Ed.), *Progress in Geospatial Analysis* (pp. 183–194). Springer Japan. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54000-7_12
- Murad, A. A. (2007). Creating a GIS application for health services at Jeddah city. *Computers in Biology and Medicine*, 37(6), 879–889. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2006.09.006>
- Oh, K., & Jeong, S. (2007). Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS. *Landscape and Urban Planning*, 82(1–2), 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.014>
- Rai, P. K., Singh, P. K., Singh, A. K., & Mohan, K. (2013). Network Analysis Using GIS. *International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences (IJETCAS)*.
- Saey, P. (2002). Spatial planning as large-scale practical project: the problem of effective governance. *Belgeo*, 3, 295–310. <https://doi.org/10.4000/belgeo.15763>
- Sevtsuk, A., & Mekonnen, M. (2012). Urban network analysis: A new toolbox for measuring city form in ArcGIS. *Simulation Series*, 44(8 BOOK), 133–145.

- Shwe, S. H. M., & Oo, H. N. (2019). GIS Based Fire Emergency Response System for Mandalay. *International Journal of Open Information Technologies*, 7(12), 39–45.
- Silalahi, F. E. S., Hidayat, F., Dewi, R. S., Purwono, N., & Oktaviani, N. (2020). GIS-based approaches on the accessibility of referral hospital using network analysis and the spatial distribution model of the spreading case of COVID-19 in Jakarta, Indonesia. *BMC Health Services Research*, 20(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05896-x>
- Sutikno, S., & Murakami, K. (2015). Application of Spatial and Network Analysis to Evaluate Shelter Plan for Tsunami Evacuation. *Civil Engineering Dimension*, 17(2), 88–94. <https://doi.org/10.9744/CED.17.2.88-94>
- van den Berg, J., Köbben, B., van der Drift, S., & Wismans, L. (2018). Towards a dynamic isochrone map: Adding spatiotemporal traffic and population data. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 208669, 195–209. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71470-7_10
- WorldPop, School of Geography and Environmental Science, U. of S., Department of Geography and Geosciences, U. of L., Departement de Geographie, U. de N., & Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) Columbia University. (2018). Indonesia population 2020. In *Global High Resolution Population Denominators Project - Funded by The Bill and Melinda Gates Foundation (OPP1134076)*. <https://doi.org/10.5258/SOTON/WP00645>
- Yi, C. J., Park, R. S., Murao, O., & Okamoto, E. (2012). Emergency Management: Building an O-D Ranking Model Using GIS Network Analysis. *Journal of Disaster Research*, 7(December).

MODEL KLASIFIKASI UNTUK PREDIKSI FASE PERTUMBUHAN PADI DENGAN MACHINE LEARNING BERDASARKAN CITRA SATELIT

(Classification Model for Paddy Growth Phase Prediction with Machine Learning Based on Satellite Imagery)

Novian Tamara¹, Aji Hamim Wigena², Bagus Sartono²

¹Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang

²Institut Pertanian Bogor

Jl. Kaserangan - Pengampelan No.7, Kaserangan, Kec. Ciruas, Serang, Banten

E-mail: novian.tamara@bps.go.id

Diterima: 9 Februari 2021; Direvisi: 26 September 2021; Disetujui untuk Dipublikasikan: 15 Oktober 2021

ABSTRAK

Padi memegang peranan penting bagi masyarakat Indonesia. Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP) padi sebesar 64,85% dari RTUP sub sektor tanaman pangan tahun 2018. Data padi yang akurat dapat membantu pemerintah dalam menyusun perencanaan, mengeksekusi program, dan membuat keputusan yang tepat. Tujuan penelitian kami yaitu membangun model klasifikasi untuk prediksi fase pertumbuhan padi sebagai upaya dalam mendukung keakuratan data padi. Pemodelan multi kelas dilakukan dengan teknik *machine learning* yaitu *Random Forest* dan *Support Vector Machine*. Penelitian ini menggunakan citra Landsat-8 dan Sentinel-2 sebagai fitur yang disupervisi oleh data Kerangka Sampling Area (KSA) dari BPS sebagai variabel target. Sebanyak 1239 fitur statistik temporal turunan dari 18 indeks spektral Sentinel-2 dan 15 indeks spektral Landsat-8 diseleksi dengan plot korelasi dan teknik *stepwise*. Ketidakeimbangan data ditangani dengan teknik sampling SMOTE+TL. Pada klasifikasi tahap 1, performa model dalam memprediksi sawah padi, sawah bukan padi, dan bukan sawah mencapai akurasi 0,95 dan *Matthews Correlation Coefficient* (MCC) 0,84. Pada klasifikasi tahap 2, performa model dalam memprediksi fase pertumbuhan padi mencapai akurasi 0,87 dan MCC 0,73. Hasil menunjukkan kombinasi citra Landsat-8 dan Sentinel-2, seleksi fitur temporal, serta pemilihan metode klasifikasi mampu meningkatkan performa model.

Kata kunci: Fitur statistik temporal, kerangka sampel area, klasifikasi fase pertumbuhan padi

ABSTRACT

Paddy plays an important role in Indonesian society. Paddy agricultural business households amounted to 64.85% of the food crops sub-sector RTUP in 2018. Accurate paddy data can assist the government in planning, executing programs, and formulating the right decisions. Our research aimed to build a classification model for predicting the paddy growth phase to support paddy data accuracy. Multi-class modeling was carried out using machine learning techniques: Random Forest and Support Vector Machine. This research used Landsat-8 and Sentinel-2 imagery data as features that were supervised by Area Sampling Frame (ASF) data from Statistics Indonesia as the target variable. A total of 1239 temporal statistical features derived from 18 spectral indices of Sentinel-2 and 15 spectral indices of Landsat-8 were selected using correlation plots and stepwise techniques. Data imbalance was handled by the SMOTE + TL sampling technique. In classification stage 1, the performance of the model in predicting paddy, non-paddy, and non-crop fields reaches an accuracy of 0.95 and Matthews Correlation Coefficient (MCC) of 0.84. In classification stage 2, the model performance in predicting the phase of rice growth reached an accuracy of 0.87 and MCC of 0.73. The results show that the combination of Landsat-8 and Sentinel-2 imagery, the selection of temporal features, and the selection of machine learning methods could improved model performance.

Keywords: Temporal statistical features, area sampling frame, paddy growth phase classification

PENDAHULUAN

Padi tidak diragukan lagi peranannya bagi masyarakat Indonesia. Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP) padi tahun 2018 sebesar 64,85% dari RTUP sub sektor tanaman pangan (BPS 2018). Persentase tersebut yaitu sekitar tiga belas ribu rumah tangga. Apabila data padi akurat, pemerintah dapat menyusun perencanaan yang benar seperti meningkatkan kesediaan beras dan memperluas

lahan sawah. Pemerintah dapat mengeksekusi program yang tepat sasaran misalnya distribusi bibit dan pupuk bersubsidi yang tidak berlebihan atau kekurangan. Pemerintah mampu membuat keputusan yang tepat seperti kebijakan alih fungsi lahan dan pengendalian impor beras. Sejak tahun 2018 data padi yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) semakin akurat dengan metode Kerangka Sampel Area (KSA).

Ada beberapa informasi terkait survei KSA di kabupaten Serang. Pertama, ukuran sampel KSA padi di kabupaten ini 1,6% dari luas sawah baku. Kedua, masih memungkinkan terdapat *noise* pada label di data KSA. *Noise* ini dapat terjadi ketika pencacah salah mengategorikan status lahan pada saat *ground check* dan terlewat terkoreksi oleh pengawas. Ketiga, titik sampel dapat tidak terdata di antaranya yaitu ketika petugas tidak dapat mengunjungi titik sampel misalnya karena banjir, gangguan transmisi data pada saat *upload*, atau petugas melewati batas waktu pencacahan.

Triscowati (2019) membuat model klasifikasi multikelas fase pertumbuhan padi di Kabupaten Banyuwangi dengan fitur *original band* dan 4 indeks spektral dari citra Landsat-8 yang disupervisi oleh data KSA menggunakan metode *Random Forest*. Labelnya terdiri atas 9 kelas yaitu vegetatif awal, vegetatif akhir, generatif, panen, persiapan lahan/bera, puso, sawah bukan padi, bukan sawah, dan generatif akhir. Akurasi modelnya secara keseluruhan yaitu 73,64% pada 1 tahap klasifikasi dan 75,5% pada 2 tahap klasifikasi. Pada tahun 2020 modelnya dikembangkan menjadi KSA-Hybrid. Ketika terjadi pandemi Covid-19 yang berakibat kegiatan survei KSA dihentikan sementara, model KSA-Hybrid dapat digunakan untuk mengamati titik sampel KSA (Khasanah et al. 2020).

Wijayanto et al, (2020) telah mengidentifikasi lahan jagung di Provinsi Jawa Timur dengan teknik *Random Forest*. Labelnya adalah data KSA jagung tahun 2019 dan variabel targetnya adalah berbagai kombinasi citra Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8. Hasilnya menunjukkan bahwa model dengan variabel target kombinasi Landsat-8 dan Sentinel-2 sebagai yang terbaik. Akurasinya mencapai 79,03% dengan kappa sebesar 58,44%. Performa model turun ketika Sentinel-1 digunakan sebagai variabel target baik secara individu maupun kombinasi dengan dua citra lainnya.

Penelitian ini bertujuan membentuk model klasifikasi terbaik untuk prediksi fase pertumbuhan padi dengan fitur berbasis citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2. Kedua citra tersebut populer dalam studi pemetaan tutupan lahan serta dapat diunduh secara gratis di *Google Earth Engine* (GEE). Penelitian ini menggunakan 18 jenis indeks spektral yang diturunkan dari *original band* citra satelit. Indeks spektral tersebut terpilih karena kemampuannya dalam melihat berbagai sifat vegetasi tanaman, deteksi air, dan fitur buatan manusia.

Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *Random Forest* dan *Support Vector Machine* (SVM). Survei menunjukkan bahwa kedua metode tersebut populer dan berperforma unggul pada studi pemetaan tanaman (Sheykhmousa et al. 2020). Data label KSA memiliki distribusi kelas yang tidak seimbang. Ketidakseimbangan kelas pada data ditangani dengan teknik SMOTE+TL. Teknik tersebut mengguguli 14 teknik sampling lainnya pada data dengan kelas tidak seimbang (Santos et

al. 2018). Proses seleksi fitur juga dilakukan agar model tidak *overfitting* (Ying 2019).

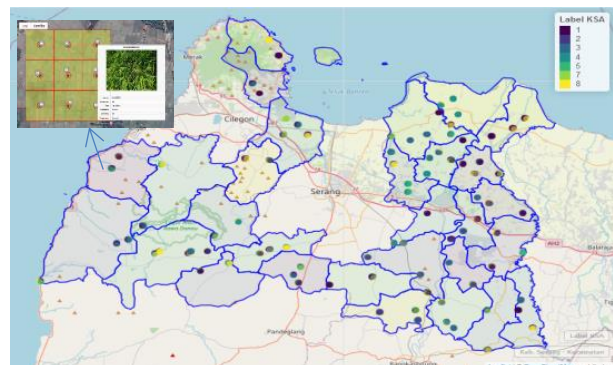
Proses klasifikasi dibagi menjadi dua tahap. Klasifikasi tahap 1 untuk identifikasi sawah padi. Klasifikasi ini memiliki 3 kelas yaitu sawah padi, sawah bukan padi, dan bukan sawah. Klasifikasi tahap 2 untuk mengklasifikasikan fase pertumbuhan padi. Klasifikasi ini memiliki 6 kelas yaitu vegetatif awal, vegetatif akhir, generatif, panen, persiapan lahan, dan puso. Proses seleksi fitur pada 2 tahap klasifikasi saling bebas sehingga memungkinkan model klasifikasi tahap 1 dan tahap 2 memiliki fitur yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan data label yang bersumber dari survei KSA padi Kabupaten Serang. Hal tersebut dikarenakan kabupaten tersebut merupakan sentra padi di Provinsi Banten selain Kabupaten Pandeglang. Di wilayah tersebut, pengawasan secara langsung survei KSA padi telah dilakukan oleh peneliti dari tahun 2017 hingga 2018. Oleh karena itu, peneliti telah memahami permasalahan di lapangan terkait survei, memahami karakteristik wilayah seperti iklim dan jenis padi, dan deteksi adanya *noise* data KSA.

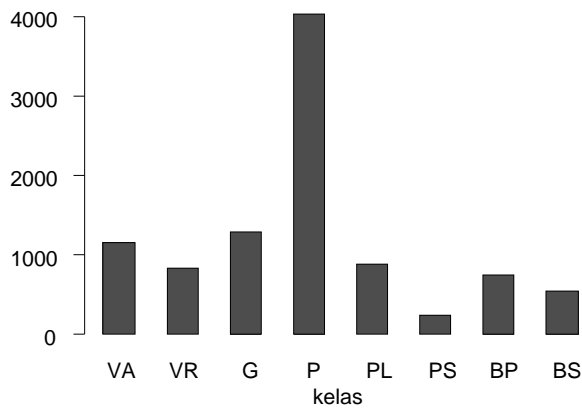
METODE

Lokasi dan Data

Data label bersumber dari survei KSA padi Badan Pusat Statistik di Kabupaten Serang periode Januari 2018 sampai Desember 2018. **Gambar 1** menunjukkan lokasi titik sampel KSA padi Kabupaten Serang dimana petugas BPS mendatangi dan mengamati status lahan secara langsung tanpa wawancara. Label terdiri dari 8 kelas yaitu vegetatif awal (VA), vegetatif akhir (VR), generatif (G), panen (P), persiapan lahan (PL), puso (PS), sawah bukan padi (BP), dan bukan sawah (BS). Data label memiliki kelas tidak seimbang yang dapat dilihat pada **Gambar 2**. Ketidakseimbangan tersebut ditangani dengan SMOTE+TL.



Gambar 1. Peta lokasi sampel KSA padi Kab. Serang.



Gambar 2. Distribusi label kelas data KSA padi Kabupaten Serang tahun 2018.

Definisi dari 8 kelas tersebut sebagai berikut. Vegetatif awal adalah fase pertumbuhan padi dimulai dari awal tanam sampai anakan maksimum (1-35 hari setelah tanam). Vegetatif akhir adalah fase pertumbuhan padi dimulai dari anakan maksimum sampai sebelum keluar malai (35-55 hari setelah tanam). Generatif adalah fase pertumbuhan padi dimulai dari keluar malai, pematangan, sampai sebelum panen (55-105 hari setelah tanam). Panen adalah fase pertumbuhan padi saat sedang atau sudah dipanen. Persiapan lahan adalah fase dimana lahan sawah mulai diolah untuk persiapan tanam padi. Puso adalah apabila terjadi serangan OPT (Organisme Pengganggu Tumbuhan) atau bencana, sehingga produksi padi kurang dari 11% dari normal. Sawah bukan padi adalah areal persawahan yang dibudidayakan untuk tanaman selain padi. Bukan sawah adalah apabila titik pengamatan jatuh pada areal bukan persawahan, misalnya hutan, pemukiman, jalan (BPS, 2019).

Data fitur bersumber dari citra Landsat-8 SR dan Sentinel-2 TOA. *Original band* dari kedua citra tersebut ditransformasi menjadi indeks spektral. Indeks spektral yang digunakan dalam penelitian yaitu *Enchanted Vegetation Index* (EVI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI), *Chlorophyll Index – Green* (CIg), *Carotenoid Reflectance Index 1* (CRI1), *Structure Intensive Pigment Index* (SIPI), *Water Body Index* (WBI), *Global Vegetation Moisture Index* (GVMI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI), *Normalized Difference Tillage Index* (NDTI), *Normalized Difference Infrared Index* (NDII), *Photosynthetic Vigour Ratio* (PVR), *Rice Growth Vegetation Index* (RGVI), *Built-up Area Index* (BAI), *Weighted Difference Vegetation Index* (WDVI) yang diturunkan dari Landsat-8 dan Sentinel-2 serta *Modified Triangular Vegetation Index 2* (MTVI2), *MERIS Terrestrial Chlorophyll Index* (MTCI), *Moisture Stress Index* (MSI) yang diturunkan dari Sentinel-2. Ada 15 indeks spektral dari Landsat-8 dan 18 indeks spektral dari Sentinel-2 yang diujicobakan. Formula dari masing-masing indeks

spektral dapat dilihat pada referensi yang terdapat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Indeks spektral dan referensinya.

No.	Indeks Spektral	Referensi	Deteksi
1	EVI	(Huete et al., 1997)	kehijauan, indeks luas daun
2	NDVI	(Rouse et al., 1973)	kehijauan, indeks luas daun
3	VARI	(Gitelson et al., 2002a)	kehijauan, indeks luas daun
4	MTVI2	(Haboudane et al., 2004)	kehijauan, indeks luas daun
5	WDVI	(Clevers, 1991)	kehijauan, indeks luas daun
6	CIg	(Gitelson et al., 2003)	konsentrasi klorofil
7	CRI1	(Gitelson et al., 2002b)	konsentrasi klorofil
8	MTCI	(Dash & Curran, 2004)	konsentrasi karetenoid
9	SIPI	(Penuelas et al., 1995)	rasio karetenoid-klorofil
10	WBI	(Domenech & Mallet, 2014)	air
11	GVMI	(Ceccato et al., 2002)	air
12	NDWI	(McFeeters, 1996)	air
13	NDTI	(van Deventer et al., 1997)	residu
14	MSI	(Huntjr & Rock, 1989)	stress tanaman
15	NDII	(Hardisky et al., 1983)	stress tanaman
16	PVR	(Metternicht, 2003)	stress tanaman
17	RGVI	(Nuarsa et al., 2010)	umur padi
18	BAI	(Mhangara et al., 2011)	fitur buatan manusia

Sekumpulan indeks spektral tersebut dilakukan *feature engineering* dengan cara diagregasi berdasarkan 38 jenis statistik temporal yang terdapat pada **Tabel 2**. Simbol x adalah suatu nilai indeks spektral dan t adalah bulan. Dengan menggunakan 38 jenis agregasi, satu jenis indeks spektral akan terbentuk 38 fitur. Dari 18 indeks spektral Sentinel 2 terbentuk fitur sebanyak 18×38 . Resolusi temporal Landsat-8 yang 16 hari mengakibatkan agregasi ragam satu bulan ($S_{x_t}^2$) di citra ini tidak dilakukan karena data tidak tercukupi. Oleh karena itu, jenis agregasi yang dapat digunakan berkurang satu dari 38 menjadi 37. Dari 15 indeks spektral Landsat-8 terbentuk fitur sebanyak 15×37 . Total fiturnya yaitu 1239.

Tabel 2. Pembentukan fitur dari 38 jenis agregasi berdasarkan statistik temporal.

Rataan1	Rataan2	Selisih	Ragam	Median	Minimal	Maksimal	Rentang
1. \bar{x}_t			14. $S_{x_t}^2$	19. Med x_t	24. Min x_t	29. Max x_t	34. Rx_t
2. \bar{x}_{t-1}	6. \bar{x}_{2t}	10. $\Delta\bar{x}_{t,t-1}$	15. $S_{x_{2t}}^2$	20. Med x_{2t}	25. Min x_{2t}	30. Max x_{2t}	35. Rx_{2t}
3. \bar{x}_{t-2}	7. \bar{x}_{3t}	11. $\Delta\bar{x}_{t,t-2}$	16. $S_{x_{3t}}^2$	21. Med x_{3t}	26. Min x_{3t}	31. Max x_{3t}	36. Rx_{3t}
4. \bar{x}_{t-3}	8. \bar{x}_{4t}	12. $\Delta\bar{x}_{t,t-3}$	17. $S_{x_{4t}}^2$	22. Med x_{4t}	27. Min x_{4t}	32. Max x_{4t}	37. Rx_{4t}
5. \bar{x}_{t-4}	9. \bar{x}_{5t}	13. $\Delta\bar{x}_{t,t-4}$	18. $S_{x_{5t}}^2$	23. Med x_{5t}	28. Min x_{5t}	33. Max x_{5t}	38. Rx_{5t}

SMOTE dan Tomek Links

Salah satu metode sampling *hybrid* yang cukup populer yaitu kombinasi *Synthetic Minority Oversampling Technique* dan *Tomek links* (SMOTE+TL). Cara kerjanya adalah dengan melakukan *oversampling* secara SMOTE yang kemudian dilanjutkan *undersampling* dengan metode *Tomek links*. Secara sederhana, algoritma SMOTE menciptakan sampel sintesis dari kelas minoritas berdasarkan kemiripan *feature space* kelas tersebut. *Tomek links* (tautan kembar) disebut demikian jika sepasang sampel yang berbeda kelas merupakan tetangga terdekat satu sama lain. *Undersampling* dapat dilakukan dengan menghapus pasangan sampel tersebut maupun hanya menghapus sampel kelas mayoritas atau minoritas yang merupakan bagian dari *Tomek links*. Hingga saat ini, metode gabungan ini mampu bersaing dengan berbagai metode sampling lainnya dalam meningkatkan performa *classifier* pada masalah kelas tak seimbang (Santos et al., 2018).

Random Forest

Random Forest merupakan modifikasi dari metode *bootstrap aggregating (bagging)* dengan tambahan adanya *random feature selection* (Breiman, 2001). Metode ini dapat digunakan untuk regresi maupun klasifikasi karena merupakan turunan dari metode *classification and regression tree* (CART). *Random Forest* dapat bekerja meski terdapat data *missing*. Metode ini juga mampu mengetahui seberapa penting variabel dalam pengambilan keputusan. *Random feature selection* pada *Random Forest* menjamin pohon tidak berkorelasi sehingga mengurangi kecenderungan *overfitting*. Secara default *software* R menetapkan $a_n = n$, $ntree = 500$, $mtry = d/3$ dimana d adalah jumlah fitur, $nodesize = 1$, $maxnodes = null$ (tidak ada).

Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu metode dalam *supervised learning* yang dapat digunakan untuk klasifikasi dan regresi. Pada klasifikasi, ide dasar dari *Support Vector Machine* adalah menemukan *hyperplane* dengan *margin* yang maksimal pada *feature space* sebagai pemisah antara dua kelas. *Hyperplane* dengan kriteria tersebut memiliki kapabilitas generalisasi

terbaik yang akan memberikan kemungkinan terkecil terjadi kesalahan klasifikasi. SVM mampu untuk memisahkan data yang tidak dapat dipisahkan secara linier dengan memperluas *feature space* menggunakan *kernel trick* (Karatzoglou et al., 2005). Kernel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kernel radial.

Pengukuran Performa Model Klasifikasi

Matthews Correlation Coefficient (MCC) handal dalam mengukur performa model klasifikasi. Jurman et al. (2012) mengkaji dan menyimpulkan bahwa MCC lebih baik dari akurasi dan *confusion entropy* (CEN). Kelebihan MCC yaitu kemampuan diskriminasi yang baik dalam membedakan *confusion matrix* yang mirip, perilaku yang koheren atau konsisten dengan jumlah kelas maupun jumlah sampel yang bervariasi, serta bekerja baik meskipun kelas memiliki ukuran yang sangat berbeda. Ukuran performa lain yang digunakan yaitu *Overall accuracy* dan *balanced accuracy* seperti dapat dilihat pada **Persamaan 1**, **Persamaan 2**, **Persamaan 3** dan **Persamaan 4**. (Carrillo et al. 2014).

$$\begin{aligned}
 \text{accuracy} &= \frac{\text{true positive} + \text{true negative}}{\text{all observation}} \dots\dots\dots 1 \\
 \text{sensitivitas} &= \frac{\text{true positive}}{\text{all positive}} \dots\dots\dots 2 \\
 \text{spesifisitas} &= \frac{\text{true negative}}{\text{all negative}} \dots\dots\dots 3 \\
 \text{bal. accuracy} &= \frac{\text{sensitivitas} + \text{spesifisitas}}{2} \dots\dots\dots 4
 \end{aligned}$$

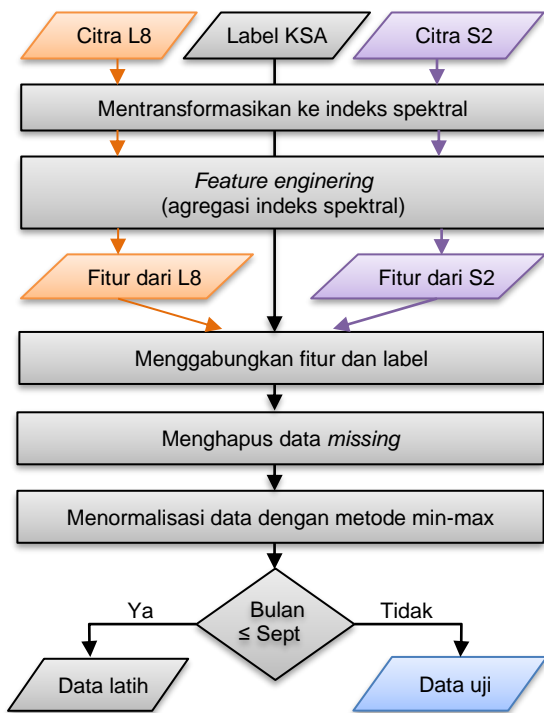
Prapengolahan Data

Tahapan prapengolahan data dapat dilihat pada **Gambar 3**. Tahapan dimulai dengan menyiapkan data KSA, citra Landsat-8 dan citra Sentinel-2. Hasil proses prapengolahan data menghasilkan data yang telah siap digunakan untuk pemodelan dan pengujian.

Eksplorasi Data

Eksplorasi pertama yaitu membandingkan distribusi label kelas data latih dan data uji. Tujuannya adalah untuk melihat kesamaan distribusi kelas antara keduanya dan bagaimana pola ketidakseimbangan data tersebut. Eksplorasi kedua adalah menghitung korelasi antar indeks spektral pada data latih. Tujuan dari eksplorasi kedua adalah sebagai gambaran awal untuk

mengelompokkan indeks spektral yang saling berkorelasi kuat.



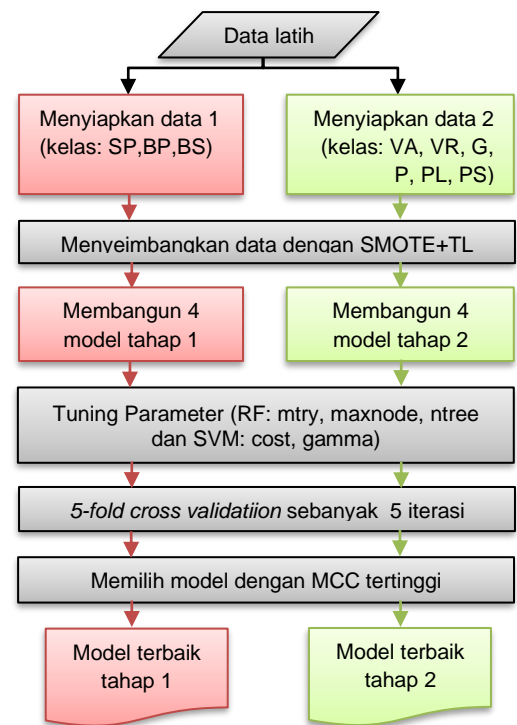
Gambar 3. Tahapan prapengolahan data.

Seleksi Fitur

Seleksi fitur diawali dengan memilih jenis agregasi yang terbaik dengan membandingkan 1239 model berfitur tunggal menggunakan metode *Random Forest*. Metode tersebut mudah diaplikasikan tanpa perlu tuning parameter. Langkah selanjutnya, memilih kombinasi fitur yang memaksimalkan nilai MCC model dengan teknik *backward* dan *forward stepwise*. Indeks spektral pembentuk fitur tersebut harus tidak saling berkorelasi kuat untuk mencegah *overfitting*. Model divalidasi menggunakan *5-fold cross validation* sebanyak 5 iterasi pada seluruh tahapan seleksi.

Pemodelan dan Pengujian

Pemodelan menggunakan data latih dengan tahapan yang terdapat pada Gambar 4. Pada proses penyeimbangan data teknik SMOTE, seluruh kelas disamakan jumlah datanya dengan mengacu ke kelas mayoritas. Pada teknik TL, yang terhapus adalah kelas yang lebih mayoritas. Proses pembangunan 4 model mengacu ke Tabel 3.



Gambar 4. Tahapan pemodelan.

Tabel 3. Spesifikasi Model Klasifikasi.

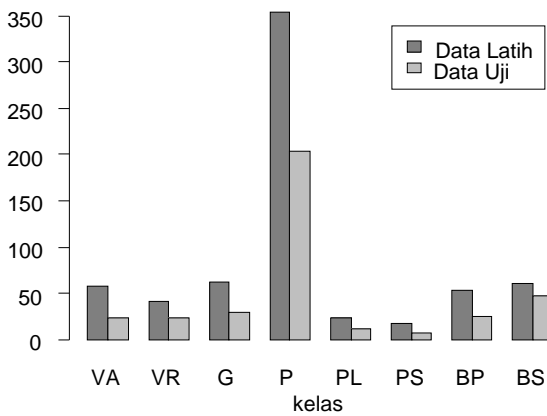
Model	Citra	Metode
RFL8	Landsat-8	<i>Random Forest</i>
RFL8S2	Landsat-8 dan Sentinel-2	<i>Random Forest</i>
SVML8	Landsat-8	SVM
SVML8S2	Landsat-8 dan Sentinel-2	SVM

Tahapan pengujian model terdiri atas dua bagian. Pengujian pertama, menguji model terbaik tahap 1 dengan data uji dalam mengidentifikasi sawah padi. Bagian kedua, jika hasil model tahap 1 adalah benar sawah padi maka data sawah padi tersebut digunakan untuk menguji model terbaik tahap 2 dalam menduga fase pertumbuhan padi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksplorasi Data

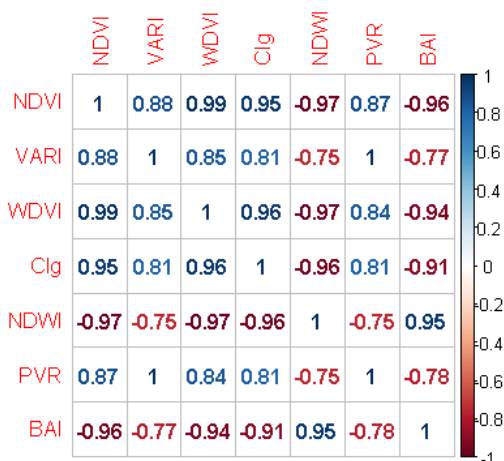
Distribusi label kelas data latih dan data uji menunjukkan kemiripan pola distribusi jumlah data pada masing-masing kelas. Jumlah data uji berkisar setengahnya dari jumlah data latih di hampir seluruh kelas. Kelas panen merupakan kelas mayoritas sedangkan persiapan lahan dan puso adalah yang paling sedikit jumlah datanya. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.



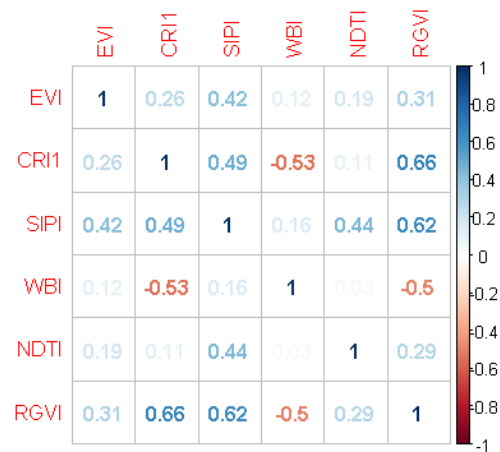
Gambar 5. Distribusi label kelas data latih dan data uji hasil prapengolahan.

Eksplorasi terhadap ada tidaknya korelasi antar indeks spektral penting untuk dilakukan. Fitur dibentuk dari agregasi indeks spektral. Beberapa algoritma *machine learning* tidak dapat menangani dengan baik masalah fitur yang saling berkorelasi kuat satu sama lain (sesama fitur dan bukan dengan variabel target). Model yang dilatih dari sekumpulan data yang terdapat multikolinieritas tidak akan menjadi yang terbaik. Masalah multikolinieritas menjadi salah satu penyebab *overfitting* pada model. Pada data dengan jumlah sampel yang relatif sedikit dan jumlah fitur yang relatif banyak, salah satu cara menghindari *overfitting* adalah dengan tidak menggunakan seluruh ribuan fitur tersebut melainkan memilih fitur yang berguna dan menghapus fitur yang kurang berguna (Ying 2019).

Eksplorasi terhadap data latih menunjukkan beberapa indeks spektral saling berkorelasi kuat ($r \geq 0,75$). Contohnya yaitu ada pada **Gambar 6**. Ada pula beberapa indeks spektral yang tidak saling berkorelasi kuat satu sama lainnya. Contohnya yaitu ada pada **Gambar 7**.



Gambar 6. Contoh korelasi kuat indeks spektral citra Landsat-8.



Gambar 7. Contoh korelasi tidak kuat indeks spektral berbasis citra Landsat-8.

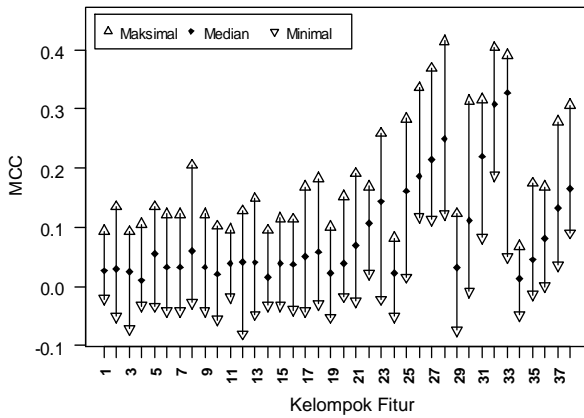
Korelasi antar indeks spektral dengan basis citra satelit yang berbeda tidak dihitung karena kedua satelit tersebut sudah independen (jenis dan spesifikasi sensornya sudah berbeda). Secara ringkas, **Tabel 4** menyajikan pengelompokan indeks spektral berdasarkan nilai korelasi (r) baik berbasis citra Landsat-8 maupun Sentinel-2.

Tabel 4. Kelompok korelasi indeks spektral Landsat-8 (L8) dan Sentinel-2 (S2).

Kelompok	$r \geq 0,75$	Indeks Spektral
K1_L8	Ya	NDVI, VARI, WDVI, Clg, NDWI, PVR, BAI
K2_L8	Ya	GVMI, NDII
K3_L8	Tidak	EVI, CRI1, SIPI, WBI, NDTI, RGVI
K1_S2	Ya	EVI, NDVI, WDVI, Clg, MTVI2, MTCI, NDWI, BAI
K2_S2	Ya	VARI, WBI, GVMI, MSI, NDII, PVR
K3_S2	Tidak	CRI1, SIPI, NDTI, RGVI

Seleksi Fitur Klasifikasi Tahap 1

Proses seleksi fitur diawali dengan mencari jenis agregasi yang mampu mendiferensiasi kelas sawah padi, sawah bukan padi, dan bukan sawah dengan baik. Sejumlah 1239 fitur tercipta dari proses *feature engineering*. Proses ini mengagregasikan indeks spektral berdasarkan 38 jenis agregasi. Setiap satu fitur dibentuk satu model dengan metode *Random Forest* sehingga tercipta 1239 model berfitur tunggal. Perbandingan nilai MCC dari seluruh model tersebut yang dikelompokkan berdasarkan jenis agregasinya dapat dilihat pada **Gambar 8**. Absisnya mengacu pada **Tabel 2**.



Gambar 8. Perbandingan nilai MCC model berfitur tunggal klasifikasi tahap 1 yang terkelompok dalam 38 jenis agregasi.

Model berfitur tunggal dari kelompok statistik temporal $Min x_{5t}$ dan $Max x_{5t}$ adalah yang memiliki median nilai MCC tertinggi. Artinya mayoritas indeks spektral dengan agregasi minimal dan maksimal pada periode 5 bulan ($Max x_{5t}$ dan $Min x_{5t}$) adalah yang paling baik dibandingkan 36 jenis agregasi lainnya. Oleh karena itu, fitur pada model tahap 1 dibangun dengan agregasi $Max x_{5t}$ dan $Min x_{5t}$. Berdasarkan teknik stepwise dengan metode *Random Forest*, indeks spektral terpilih untuk model tahap 1 tersedia pada **Tabel 5**. Seluruh indeks spektral yang terpilih tidak saling berkorelasi kuat.

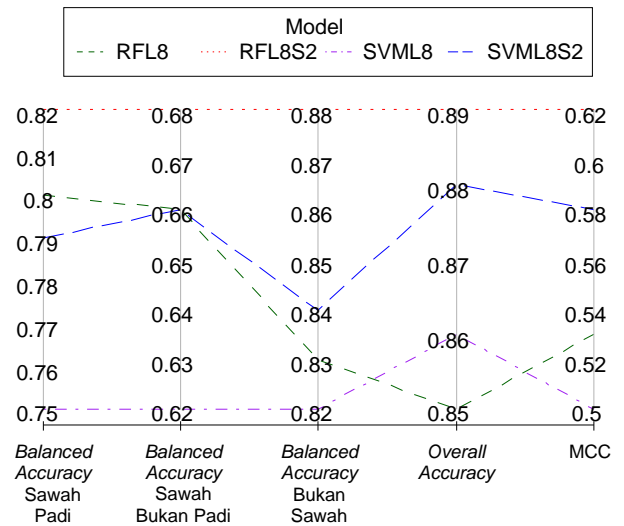
Tabel 5. Indeks spektral terpilih model tahap 1.

Citra	Indeks Spektral
Landsat-8	WDVI, GVMI, NDTI, RGVI, WBI
Sentinel-2	WDVI, GVMI, NDTI, RGVI

Total fitur terpilih untuk model klasifikasi tahap 1 berjumlah 18. Sejumlah 10 fitur dibentuk dari lima indeks spektral berbasis Landsat-8 yang diagregasi berdasarkan $Max x_{5t}$ dan $Min x_{5t}$. Sejumlah 8 fitur dibentuk dari empat indeks spektral berbasis Sentinel-2 yang diagregasi berdasarkan $Max x_{5t}$ dan $Min x_{5t}$. Fitur yang terseleksi berjumlah sedikit menunjukkan bahwa lebih baik menggunakan sedikit fitur namun informatif daripada ribuan fitur yang mubazir.

Seleksi Model Klasifikasi Tahap 1

Pemodelan klasifikasi tahap 1 untuk membedakan sawah padi, sawah bukan padi, dan bukan sawah dibangun ke dalam 4 model berdasarkan spesifikasi model pada Error! Reference source not found.. Parameter modelnya yaitu RFL8 (*default*), RFL8S2 (*default*), SVML8 (*cost* 1,5; *gamma* 0,8; kernel radial), dan SVML8S2 (*cost* 5,5; *gamma* 0,12; kernel radial) yang merupakan hasil dari tuning parameter. Perbandingan performa keempat model berdasarkan *5-fold cross validation* 5 iterasi dapat dilihat pada **Gambar 9**.



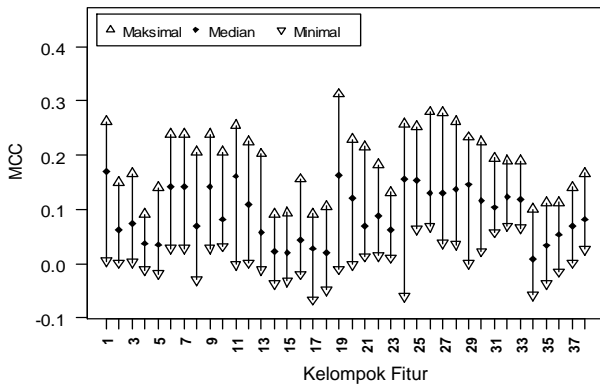
Gambar 9. Perbandingan performa model tahap 1.

Model RFL8S2 mengungguli seluruh model lainnya dengan nilai MCC tertinggi sebesar 0,62. Oleh karena itu, model RFL8S2 terpilih sebagai model terbaik klasifikasi tahap 1. MCC dipilih sebagai kriteria model terbaik karena semakin tinggi nilai MCC semakin tinggi korelasi data kategorik antara matriks prediksi dan matriks aktual. *Overall accuracy* dari model ini adalah yang tertinggi sebesar 0,89. Kelas bukan sawah paling mudah dibedakan dengan *balanced accuracy* tertinggi sebesar 0,88.

Metode dan data citra mana yang lebih baik untuk pemodelan klasifikasi tahap 1 dapat diketahui dari **Gambar 9**. Model dengan fitur berbasis kombinasi citra Landsat-8 dan Sentinel-2 mengungguli model yang hanya dibangun dengan citra Landsat-8 saja baik ketika sama-sama menggunakan metode *Random Forest* maupun SVM. Penambahan fitur berbasis citra Sentinel-2 ke model tahap 1 dengan fitur berbasis Landsat-8 meningkatkan nilai MCC sebesar 9% ketika metodenya *Random Forest* dan 8% ketika metodenya SVM. Sementara itu, metode terbaik pada pemodelan tahap 1 adalah *Random Forest*. Model dengan metode *Random Forest* mengungguli SVM ketika fitur yang digunakan sama. Hal tersebut dapat dilihat dari model RFL8 yang mengungguli SVML8 dan model RFL8S2 yang mengungguli SVML8S2.

Seleksi Fitur Klasifikasi Tahap 2

Seleksi fitur klasifikasi tahap 2 memiliki kesamaan proses dengan tahap 1. Sejumlah 1239 model berfitur tunggal dibangun menggunakan metode *Random Forest* dengan parameter *default*. Nilai MCC dari seluruh model tersebut dikelompokkan berdasarkan 38 jenis agregasi yang dapat dilihat pada **Gambar 10** di mana absisnya mengacu pada **Tabel 2**.



Gambar 10. Perbandingan nilai MCC model berfitur tunggal klasifikasi tahap 2 yang terkelompok dalam 38 jenis agregasi.

Pada klasifikasi tahap 2, cukup sulit untuk memilih jenis agregasi terbaik dibandingkan pada tahap 1. Pada kelompok model berfitur tunggal yang dibentuk dari jenis agregasi rentang (R) memiliki pola naik seiring bertambahnya periode t sedangkan lainnya tidak berpola naik atau turun. Meskipun berpola naik, nilai MCC-nya masih di bawah 0,2. Jika dilihat berdasarkan median nilai MCC maka jenis agregasi ke-1 (\bar{x}_t) dan ke-19 (Med x_t) adalah dua yang terbaik diantara jenis agregasi lainnya. Berbagai fitur diciptakan dari dua jenis agregasi tersebut namun belum juga mendapatkan model dengan performa yang baik. Nilai MCC-nya di bawah 0,5. Oleh sebab itu, fitur yang diciptakan tidak berpatokan dengan dua jenis agregasi tersebut saja namun menambah jenis agregasi lainnya yang dilakukan secara *stepwise*.

Hasil akhir dari seleksi fitur secara *stepwise* pada klasifikasi tahap 2 adalah terpilihnya 49 fitur. Fitur tersebut dibangun dari indeks spektral terpilih yang dapat dilihat di **Tabel 6** yang diagregasikan dengan 7 jenis agregasi yaitu \bar{x}_t ; \bar{x}_{t-1} ; \bar{x}_{t-2} ; \bar{x}_{t-3} ; \bar{x}_{t-4} ; Min x_{4t} ; Max x_{3t} . Sejumlah 28 fitur dibentuk dari empat indeks spektral berbasis Landsat-8 yang diagregasi berdasarkan 7 jenis agregasi. Sejumlah 21 fitur dibentuk dari empat indeks spektral berbasis Sentinel-2 yang diagregasi berdasarkan 7 jenis agregasi.

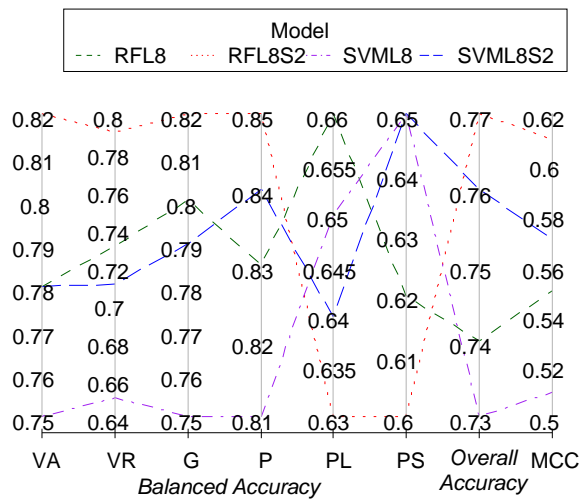
Tabel 6. Indeks spektral terpilih model tahap 2.

Citra	Indeks Spektral
Landsat-8	WDVI, GVMI, NDVI, WBI
Sentinel-2	WDVI, NDII, BAI

Terpilihnya jenis agregasi \bar{x}_t ; \bar{x}_{t-1} ; \bar{x}_{t-2} ; \bar{x}_{t-3} ; \bar{x}_{t-4} menunjukkan bahwa model klasifikasi fase pertumbuhan padi memiliki performa yang lebih baik ketika ada tambahan informasi bulan lalu secara berturut turut hingga empat bulan sebelumnya. Secara awam, seseorang tentu akan lebih akurat dalam menduga fase pertumbuhan suatu tanaman dengan adanya tambahan informasi kondisi masa lalunya. Di samping jenis agregasi tersebut, terpilih juga jenis agregasi Min x_{4t} dan Max x_{3t} yang dapat meningkatkan performa model klasifikasi tahap 2. Jenis agregasi lainnya tidak terpilih karena tidak meningkatkan nilai MCC model.

Seleksi Model Klasifikasi Tahap 2

Model tahap 2 bertujuan untuk mengklasifikasikan fase pertumbuhan padi (vegetatif awal, vegetatif akhir, generatif, panen, persiapan lahan, dan puso). Sama halnya seperti pada tahap 1, empat model klasifikasi yang dibangun dengan spesifikasi yang berbeda dibandingkan performanya. Parameter masing-masing modelnya yaitu yaitu RFL8 (*default*), RFL8S2 (*default*), SVML8 (*cost* 1,4; *gamma* 0,01; kernel radial), dan SVML8S2 (*cost* 3; *gamma* 0,007; kernel radial). Berdasarkan *5-fold cross validation* sebanyak 5 iterasi, performa dari 4 model tersebut dapat dilihat pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Perbandingan performa model tahap 2.

Pada klasifikasi tahap 2, model RFL8S2 mengungguli model lainnya. Jika model diurutkan berdasarkan nilai MCC atau *overall accuracy* dari yang tertinggi ke terendah maka peringkatnya yaitu RFL8S2, SVML8S2, RFL8, dan SVML8. Model RFL8S2 memiliki nilai MCC sebesar 0,61 dan *overall accuracy* sebesar 0,77. Berdasarkan nilai *balanced accuracy* dari masing-masing kelas, model RFL8S2 unggul di empat kelas. Oleh karena itu, model RFL8S2 terpilih sebagai model terbaik klasifikasi tahap 2.

Baik dengan metode *Random Forest* maupun SVM, model tahap 2 akan lebih baik jika fitur yang digunakan berbasis kombinasi citra Landsat-8 dan Sentinel-2 daripada berbasis citra Landsat-8 saja. Penambahan fitur berbasis citra Sentinel-2 ke model tahap 2 dengan fitur berbasis Landsat-8 meningkatkan nilai MCC sebesar 6%. baik ketika metodenya *Random Forest* maupun SVM. Berdasarkan ukuran performa selain MCC juga menguatkan kesimpulan tersebut. Model dengan fitur kombinasi tersebut juga unggul dari segi *overall accuracy* serta *balanced accuracy* di 4 kelas dibandingkan yang hanya menggunakan Landsat-8 saja.

Sama seperti pada klasifikasi tahap 1, metode yang lebih baik pada klasifikasi tahap 2 adalah *Random Forest*. Berdasarkan *overall accuracy* dan MCC, model yang menggunakan metode *Random*

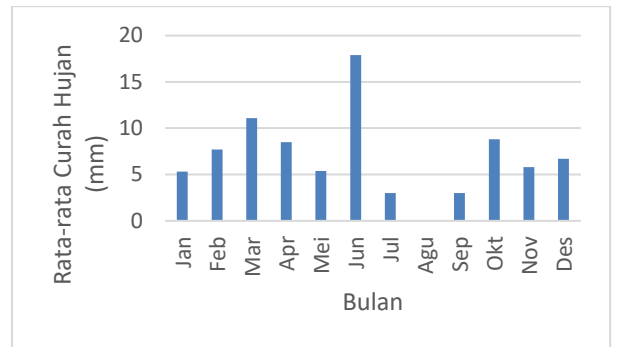
Forest lebih baik daripada SVM ketika fitur yang digunakan sama. Model dengan metode *Random Forest* memiliki *balanced accuracy* pada 4 kelas (vegetatif awal, vegetatif akhir, generatif, dan panen) yang lebih baik. Kelebihan model dengan metode SVM hanya satu yaitu sedikit lebih baik dalam membedakan kelas puso dengan *balanced accuracy* sebesar 0,65. Namun demikian, angka tersebut masih kurang tinggi (tidak memuaskan).

Ada beberapa analisis penyebab mengapa seluruh model kurang baik dalam membedakan kelas puso dan persiapan lahan. Pertama, puso dan persiapan lahan memiliki jumlah sampel yang sangat kecil. Jumlah sampel kelas tersebut jangan terlalu sedikit agar model *machine learning* mampu menggeneralisasi suatu kelas dengan baik. Sedikitnya sampel di kelas tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5**. Idealnya jumlah sampel terbaik untuk masing-masing kelas adalah jumlah seluruh observasi dibagi dengan jumlah kelasnya. Jika kondisi ideal tersebut sulit untuk dipenuhi maka jumlah sampel minimal untuk puso dan persiapan lahan yaitu sekitar dua kali lipatnya dari jumlah sampel yang tersedia saat ini di kelas tersebut. Kedua, bentuk areal lahan puso karena kekeringan dan pascapanen (di mana pascapanen masuk dalam kelas panen) secara kasat mata memang mirip. Ini yang menyebabkan puso diprediksi ke kelas panen. Sebagai contoh foto di lapangan, kemiripannya dapat dilihat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. (a) Puso; (b) Pascapanen.

Untuk wilayah Kabupaten Serang, puso sebagian besar terjadi karena kekeringan. Soewandita (2018) menyebutkan adanya potensi tingkat kekeringan kelas tinggi di area seluas 1311 ha pada 11 kecamatan dari total 29 kecamatan di kabupaten ini. Penyebabnya adalah jenis tanah yang mudah kering, terbatasnya suplai air irigasi, dan curah hujan yang rendah. Pengamatan secara langsung dan informasi dari petugas survei KSA menunjukkan bahwa sebagian besar puso di kabupaten ini pada tahun tersebut memang karena kekeringan meskipun ada juga yang disebabkan oleh banjir dan serangan hama. Berdasarkan data BMKG, rata-rata curah hujan bulanan Kab. Serang sepanjang tahun 2018 sangat rendah di bawah 20mm seperti tampak pada **Gambar 12**. Curah hujan yang sangat rendah tersebut menyebabkan kekeringan terutama pada areal sawah tadah hujan sehingga menyebabkan puso.



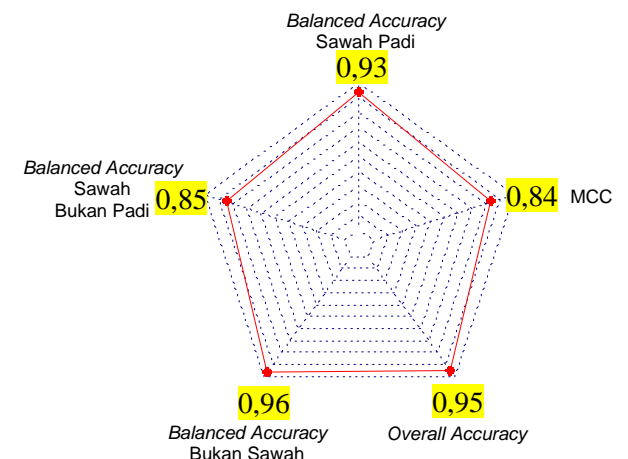
Gambar 13. Rata-rata Curah Hujan Per Bulan di Kabupaten Serang Tahun 2018

Hasil Pengujian

Data uji menggunakan 371 sampel KSA dari bulan Oktober sampai dengan Desember 2018 dengan fitur terisi lengkap (tidak ada data *missing*). Data tersebut digunakan untuk menguji model terbaik tahap 1 RFL8S2 dalam mengidentifikasi lahan sawah padi, sawah bukan padi, dan bukan sawah. Model terbaik tahap 1 tersebut dibangun dari data latih bulan Januari sampai dengan September 2018. *Confusion matrix* dan statistik performa hasil pengujian tertera pada **Tabel 7** dan **Gambar 14**.

Tabel 7. *Confusion matrix* klasifikasi tahap 1 data uji.

Prediksi \ Aktual	Aktual		
	Sawah Padi	Sawah Bukan Padi	Bukan Sawah
Sawah Padi	289	5	2
Sawah Bukan Padi	5	18	1
Bukan Sawah	5	2	44



Gambar 14. Statistik performa model RFL8S2 pada klasifikasi tahap 1 data uji.

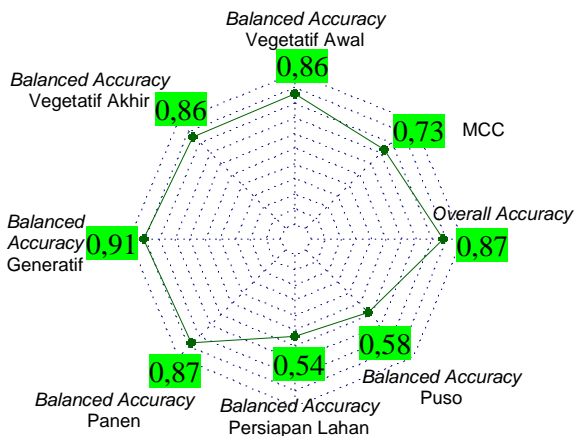
Hasil pengujian model tahap 1 RFL8S2 untuk klasifikasi sawah padi, sawah bukan padi, dan bukan sawah memberikan performa yang sudah baik. Model ini tidak mengalami kesulitan dalam memprediksi kelas bukan sawah dengan *balanced accuracy* sebesar 0,96. Sawah padi juga dapat diprediksi dengan baik dengan *balanced accuracy* 0,93. Secara keseluruhan, model RFL8S2 tahap 1

mampu memberikan performa baik pada data uji dengan *overall accuracy* mencapai 0,95 dan MCC 0,84. Pada akurasi tersebut, model dapat menduga dengan benar 95% data uji sesuai aktual kelasnya.

Sejumlah 289 sawah padi yang berhasil teridentifikasi dengan benar dari hasil prediksi model tahap 1 digunakan untuk menguji model tahap 2 RFL8S2. Hasil prediksi model tersebut setelah dibandingkan dengan aktual kelasnya berupa *confusion matrix* dapat dilihat pada **Tabel 8**. Statistik performa dari model ini meliputi nilai MCC, *overall accuracy*, dan *balanced accuracy* dapat dilihat pada **Gambar 15**.

Tabel 8. *Confusion matrix* klasifikasi tahap 1 data uji.

Prediksi \ Aktual						
	VA	VR	G	P	PL	PS
VA	18	2	0	3	1	0
VR	1	16	3	0	0	0
G	0	2	25	0	0	0
P	4	2	1	190	9	5
PL	1	0	1	1	1	0
PS	0	0	0	2	0	1



Gambar 15. Statistik performa model RFL8S2 pada klasifikasi tahap 2 data uji.

Hasil pengujian model tahap 2 dalam mengklasifikasikan fase pertumbuhan padi dapat dikatakan baik. *Overall accuracy* mencapai 0,87 dengan nilai MCC sebesar 0,73. Fase vegetatif awal, vegetatif akhir, generatif, dan panen dapat diprediksi seacara baik dengan *balanced accuracy* di atas 0,85. Berbanding terbalik, persiapan lahan dan puso gagal diprediksi dengan *balanced accuracy* di bawah 0,6.

Model dua tahap RFL8S2 dapat dipertimbangkan untuk prediksi data KSA yang hilang maupun titik lain di luar sampel KSA. Sebanyak 313 dari 371 data yang terdiri dari 8 kelas (kelas asli survei KSA) dapat diprediksi dengan benar sesuai kelasnya berdasarkan teknik klasifikasi hierarki. Dari hasil pengujian tersebut, model 2 tahap RFL8S2 memiliki akurasi global sebesar 0,84. Model 2 tahap ini dapat digunakan untuk klasifikasi penutup lahan karena akurasi yang diperkenankan LAPAN (2015) adalah rata-rata di

atas 0,75. Model 2 tahap tersebut secara global memiliki performa di atas model yang telah dibangun oleh Triscowati (2019). Meskipun demikian, model RFL8S2 belum diuji performanya dalam menduga nilai amatan KSA Kabupaten Banyuwangi seperti yang digunakan oleh Triscowati dalam penelitiannya.

KESIMPULAN

Model terbaik tahap 1 untuk identifikasi padi dan tahap 2 untuk klasifikasi fase pertumbuhan padi adalah model RFL8S2. Metode *Random Forest* lebih baik dari SVM pada 2 tahap klasifikasi tersebut. Penambahan fitur berbasis citra Sentinel-2 ke model klasifikasi fase pertumbuhan padi dengan fitur berbasis Landsat-8 meningkatkan nilai MCC sebesar 6%. Fitur terpilih pada klasifikasi tahap 1 berjumlah 18 sedangkan pada klasifikasi tahap 2 berjumlah 49.

Model RFL8S2 tahap 1 dengan fitur tersebut teruji memiliki akurasi sebesar 0,95 dan MCC sebesar 0,84. Model RFL8S2 tahap 2 dengan fitur tersebut teruji memiliki akurasi 0,87 dan MCC 0,73. Model 2 tahap ini dapat mendeteksi sebagian besar kelas dengan baik. Namun, model tersebut kurang tepat dalam menduga kelas persiapan lahan dan puso. Model dua tahap klasifikasi tersebut secara hierarki dapat menduga 8 kelas nilai amatan KSA dengan akurasi global sebesar 0,84 sehingga model ini dapat dipertimbangkan untuk menduga nilai amatan pada sampel KSA yang tidak terdata. Secara umum, model yang disupervisi oleh data KSA tersebut mampu mengidentifikasi sawah padi dan menduga fase pertumbuhannya dengan data citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada BPS sebagai penyedia data, Nadya Dwi Muchisha dan Dwi Triscowati sebagai rekan diskusi dalam penelitian ini, serta Tim Redaksi Jurnal Majalah Ilmiah Globe dan Mitra Bestari.

DAFTAR PUSTAKA

[BPS] Badan Pusat Statistik. (2018). *Hasil Survei Pertanian Antar Sensus (SUTAS) 2018*. Jakarta (ID): BPS.

[BPS] Badan Pusat Statistik. (2019). *Buku Pedoman Teknis Pendataan Statistik Pertanian Tanaman Terintegrasi dengan Metode Kerangka Sampel Area untuk Komoditas Padi 2019*. Jakarta (ID): BPS.

Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Carrillo, H., Brodersen, K. H., & Castellanos, J. (2014). Probabilistic Performance Evaluation for Multiclass Classification Using the Posterior Balanced Accuracy. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 252, 347–361. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03413-3_25

- Ceccato, P., Gobron, N., Flasse, S., Pinty, B., & Tarantola, S. (2002). Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1. *Remote Sensing of Environment*, 82(2–3), 188–197. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00037-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00037-8)
- Clevers, J. G. P. W. (1991). Application of the WDVl in estimating LAI at the generative stage of barley. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 46(1), 37–47. [https://doi.org/10.1016/0924-2716\(91\)90005-G](https://doi.org/10.1016/0924-2716(91)90005-G)
- Dash, J., & Curran, P. J. (2004). The MERIS Terrestrial Chlorophyll Index. *International Journal of Remote Sensing*, 25(23), 5403–5413. <https://doi.org/10.1080/0143116042000274015>
- Domenech, E., & Mallet, C. (2014). Change Detection in High-Resolution Land Use/Land Cover Geodatabases (At Object Level). *European Spatial Data Research*, 9–63.
- Gitelson, A. A., Gritz †, Y., & Merzlyak, M. N. (2003). Relationships Between Leaf Chlorophyll Content and Spectral Reflectance and Algorithms for Non-Destructive Chlorophyll Assessment in Higher Plant Leaves. *Journal of Plant Physiology*, 160(3), 271–282. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00887>
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., & Rundquist, D. (2002a). Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction. *Remote Sensing of Environment*, (Natural Resources), 76–87.
- Gitelson, A. A., Zur, Y., Chivkunova, O. B., & Merzlyak, M. N. (2002b). Assessing Carotenoid Content in Plant Leaves With Reflectance Spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology*, 75(3), 272–281. [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2002\)075<0272:accipl>2.0.co;2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2002)075<0272:accipl>2.0.co;2)
- Haboudane, D., Miller, J. R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P. J., & Strachan, I. B. (2004). Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 90(3), 337–352. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.12.013>
- Hardisky, M. A., Klemas, V., & Smart, R. M. (1983). The Influence of Soil Salinity, Growth Form, and Leaf Moisture on the Spectral Radiance of *Spartina Alterniflora* Canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49, 77–83.
- Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K., & Leeuwen, W. van. (1997). A Comparison of Vegetation Indices Over A Global Set of TM Images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59(3), 440–451. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00112-5)
- Huntjr, E., & Rock, B. (1989). Detection of Changes in Leaf Water Content Using Near- and Middle-Infrared Reflectances☆. *Remote Sensing of Environment*, 30(1), 43–54. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90046-1](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90046-1)
- Jurman, G., Riccadonna, S., & Furlanello, C. (2012). A Comparison of MCC and CEN Error Measures in Multi-Class Prediction. *PLoS ONE*, 7(8), e41882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041882>
- Karatzoglou, A., Meyer, D., & Hornik, K. (2005). Support Vector Machines in R. *Journal of Statistical Software*, 15, 1–28.
- Khasanah, I. N., Triscowati, D. W., Handoyo, A., Buana, W. P., & Kadir, K. (2020). Kombinasi Survei Kerangka Sampel Area dan Remote Sensing untuk Estimasi Luas Tanaman Padi Di Masa Pandemi (KSA-Hybrid). *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 12(2), 53. <https://doi.org/10.34123/jurnalasks.v12i2.284>
- [LAPAN] Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. (2015). *Pedoman Pengolahan Data Satelit Multispektral secara Digital Supervised untuk Klasifikasi*. Jakarta (ID): LAPAN.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Metternicht, G. (2003). Vegetation indices derived from high-resolution airborne videography for precision crop management. *International Journal of Remote Sensing*, 24(14), 2855–2877. <https://doi.org/10.1080/01431160210163074>
- Mhangara, P., Kleyn, L., Remas, H., & Odindi, J. (2011). Road Extraction Using Object Oriented Classification. *PositionIT*, 45–50.
- Nuarsa, I. W., Nishio, F., & Hongo, C. (2010). Development of the Empirical Model for Rice Field Distribution Mapping Using Multi-Temporal Landsat ETM+ Data: Case Study in Bali Indonesia. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 38, 482–487.
- Penuelas, J., Frederic, I., & Filella. (1995). Semi-Empirical Indices to Assess Carotenoids/Chlorophyll-a Ratio from Leaf Spectral Reflectance. *Photosynthetica*, 3, 221–230.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium*, 1, 309–317. Washington, DC: NASA.
- Santos, M. S., Soares, J. P., Abreu, P. H., Araujo, H., & Santos, J. (2018a). Cross-Validation for Imbalanced Datasets: Avoiding Overoptimistic and Overfitting Approaches [Research Frontier]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 13(4), 59–76. <https://doi.org/10.1109/MCI.2018.2866730>
- Santos, M. S., Soares, J. P., Abreu, P. H., Araujo, H., & Santos, J. (2018b). Cross-Validation for Imbalanced Datasets: Avoiding Overoptimistic and Overfitting Approaches [Research Frontier]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 13(4), 59–76. <https://doi.org/10.1109/MCI.2018.2866730>
- Sheykhmousa, M., Mahdianpari, M., Ghanbari, H., Mohammadimanesh, F., Ghamisi, P., & Homayouni, S. (2020). Support Vector Machine Versus Random Forest for Remote Sensing Image Classification: A Meta-Analysis and Systematic Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 6308–6325. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3026724>
- Soewardita, H. (2018). Analisis Bencana Kekeringan Di Wilayah Kabupaten Serang. *Jurnal Sains Dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 13, 34–43.
- Triscowati, D. W. (2019). *Klasifikasi Fase Pertumbuhan Padi Menggunakan Random Forest Berdasarkan Data Multitemporal Landsat-8 [tesis]*. Institut Pertanian Bogor, Bogor (ID).
- van Deventer, A. P., Ward, A. D., Gowda, P. H., & Lyon, J. G. (1997). Using Thematic Mapper Data to Identify Contrasting Soil Plains and Tillage Practices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63, 87–93.
- Wijayanto, A. W., Triscowati, D. W., & Marsuhandi, A. H. (2020). Maize field area detection in East Java, Indonesia: An integrated multispectral remote

sensing and machine learning approach. *2020 12th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 168–173. <https://doi.org/10.1109/ICITEE49829.2020.9271683>

Ying, X. (2019). An Overview of Overfitting and its Solutions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1168, 022022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1168/2/022022>

**MAJALAH ILMIAH GLOBE
VOLUME 23 TAHUN 2021**

Indeks Penulis

A

Agung Budi Harto, 43
Agung Syetiawan, 1
Ahmad Cahyadi, 21
Aji Hamim Wigena, 101
Andy Wibawa Nurrohman, 73
Arnadi Murtiyoso, 43

B

Bagus Sartono, 101
Bayu Elwantyo B. Dewantoro, 35
Budhy Soeksmantono, 43

D

Danang Budi Susetyo, 93
Deni Suwardhi, 43
Dudy D. Wijaya, 43
Dwiky Rama Yanuar, 81

E

Erik Febriarta, 21

G

Ghalizha Z. Izzaty, 43

H

Heri Sutanta, 81

I

Irman Firmansyah, 13
I Wayan Gede Krisna Arimjaya, 61

L

Lucky Rakananda Hasandy, 35

M

Mangapul Parlindungan Tambunan, 1, 61
Margaretha Widyastuti, 73
Muhamad Iqbal Januadi Putra, 53
Muhammad Dimyati, 61

N

Novian Tamara, 101
Nugroho Purwono, 93

R

Rudy Parluhutan Tambunan, 1, 61

S

Septian Vienastra, 21
Sheffiera Indriyaningtyas, 35
Slamet Suprayogi, 73

T

Tatan Sukwika, 13

W

Wiwin Windupranata, 43

Y

Yusniar Rah Ayu Ristiantri, 1

**MAJALAH ILMIAH GLOBE
VOLUME 23 TAHUN 2021**

Indeks Subjek

- A**
Airtanah, 21,22,24, 25,26,27, 28,29,30,31,33,34
Aksesibilitas, 81,82,83,84,86,87,88,89,90,91,92,94
Analisis Jaringan, 81,82,91,93,94,96,98,99
ArcGIS online, 61,64,65,66,69
Area Layanan,
81,82,83,84,85,86,90,91,93,94,95,96,97,98,99,
- B**
Banggai Kepulauan, 21,23,24,27,20,32
Batugamping Koral, 21,22,24,27,29,30,31
- C**
CityGML, 43, 44, 46,50,51
CO, 30,35,36,37,38,39,40,41
Conflicting Area, 53,54
COVID-19,
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,35,38,39,40,41,42,61,6
2,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,90,100,102
- D**
Daya Dukung, 13, 14, 15, 16, 17,19, 20, 33
DAS Cimanuk, 73,74,75,76,77,78,79,80
Data Geospasial, 61, 62,63
DRASTIC, 21,24,25,26,27,29,30,31,32,33,34
- F**
Fasilitas Kesehatan, 81,82,92
Fitur Statistik Temporal, 101
- G**
GIS, 3,5,11, 12,20,33, 51,53,54,59,60
- I**
Indeks Aksesibilitas, 81,82,84,86,87,88,
89,90,91,92
Informasi Geospasial, 61,62,63,64,65,71,72,81,
83,91,93,100
- K**
Kabupaten Bogor, 81, 93,94,95,96,97,98,99
Kantor Pemerintahan, 93,94,95,99
Kemampuan Lahan, 13,14,15,16,17,19
Kerapuhan Lingkungan, 73
Kerangka Sampel Area, 101, 102,110,111
Kerentanan, 1,2,3,21,23,24,25,26,27,28,29,30,
31,32,33,34
Klasifikasi Fase Pertumbuhan Padi,
101,108,110,111
Komputasi Berbasis-Cloud, 35
Kuantitatif Deskriptif, 61,64,66
- L**
Land Allocation,53,58,59
Level of Detail, 43,44,48,50
- M**
MCDA, 5,53,54,55,59,60
- N**
Network Analysis, 1,5,6,7
- O**
OpenFOAM, 43,44,47,50
- P**
Pemanfaatan Pola Ruang, 13,20
Permukiman, 13,14,17,18,19,20,31, 53
PSBB, 11,35,36,38,39,40,41
- R**
Rumah Sakit Rujukan, 1,2,3,4,5, 6, 7, 8, 9,10, 11
- S**
Satu Data Indonesia, 61,62, 63,67,69,70,71,72
Sentinel-2, 73,79,101,102,103,104,105,
106,107,108,110
Sentinel-5P, 35,36,37,38,39,41
SIG, 61,62,63,64,65,66,69,73,74,81,82,91,94,96,
Simulasi Aliran Angin, 43,44,45,46,47,48,49,50
Skala Likert, 61,64,66,67,68,71
Spasial Dinamik, 13

UCAPAN TERIMA KASIH
KEPADA MITRA BESTARI MAJALAH ILMIAH GLOBE
VOLUME 23 TAHUN 2021

1. Wirastuti Widyatmanti, S.Si., Ph.d
2. Dr. Ir. Khursatul Munibah, M.Sc
3. Dr. Djati Mardiatno, M.Si
4. Dr. Budi Susetyo
5. Dr. Rayna Sari Dewi
6. Ir. Irmadi Nahib, M.Si
7. Ir. Yatin Suwarno, M.Sc
8. Drs. Jaka Suryanta, M.Sc
9. Ir. Sri Lestari, M.Agr
10. Dr. Ir. Jawoto Sih Setyono, MDP
11. Dr. Ing. Widodo Setiyo Pranowo
12. Dr. Wiwin Ambarwulan
13. Dr. Mulyanto Darmawan
14. Dr. Masita M. Manesa
15. Dr. Dwi Lestari
16. Prof. Fahmi Amhar

PEDOMAN PENULISAN MAJALAH ILMIAH GLOBE

Majalah Ilmiah Globe adalah publikasi ilmiah melalui proses *review* yang diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial bekerja sama dengan Masyarakat Ahli Penginderaan jauh Indonesia (MAPIN). Majalah ini berisi tulisan ilmiah dan kajian literatur tentang pengumpulan, pengolahan dan analisis data tentang informasi geospasial tematik serta tema lain yang terkait.

Persyaratan umum naskah adalah merupakan naskah asli hasil karya penulis, belum pernah dipublikasikan sebelumnya, tidak sedang dalam proses publikasi di jurnal lain, ditulis sesuai format yang telah ditentukan. Naskah yang masuk akan ditelaah oleh Mitra bestari dan dewan redaksi. Dewan redaksi berhak mengedit tulisan dalam hal gaya penulisan, format dan kejelasan kalimat serta memutuskan apakah naskah dapat diterbitkan atau tidak.

Redaksi menerima naskah yang sesuai dengan *scope* untuk dipublikasikan dalam majalah ilmiah ini. Naskah hendaknya dikirim ke:

Sekretariat Redaksi Majalah Ilmiah Globe

Pusat Penelitian Promosi dan Kerja Sama, Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong Jawa Barat 16911

Telp. 021-87906041 Fax 021-87906041

Website: <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL/index>

E-mail: majalah.globe@big.go.id, majalahglobe@gmail.com

Pengajuan naskah

Penulis harus mengirimkan naskah melalui e-journal dengan terlebih dahulu mendaftarkan diri sebagai *Author* dan *login* melalui website <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL/index>

Penulisan naskah

Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Naskah diketik dalam Microsoft Word dengan 1 kolom untuk abstrak dan 2 kolom untuk isi. Ukuran kertas A4. Jenis huruf untuk seluruh ISI tulisan menggunakan Arial 10pt dan spasi (line spacing) 1. Panjang naskah terdiri dari 8-12 halaman (halaman harus genap) termasuk tabel dan gambar serta maksimal ukuran file setiap naskah tidak lebih dari 10Mb.

Sistematika Penulisan

Template penulisan naskah secara lengkap dapat diunduh melalui website Jurnal Geomatika.

Kerangka tulisan disusun dengan urutan sebagai berikut: Judul, Identitas Penulis, Afiliasi, Abstrak, Kata Kunci, Pendahuluan, Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih, dan Daftar Pustaka.

Judul harus akurat, jelas, spesifik. Judul utama ditulis dengan huruf kapital, sedangkan sub judul menggunakan huruf kecil dengan huruf besar di setiap awal kata. Judul dibuat dalam 2 bahasa (Indonesia dan Inggris), apabila tulisan dalam bahasa Indonesia, maka judul dalam Bahasa Inggris ditulis dalam tanda kurung dengan huruf Tahoma 12 point miring.

Identitas Penulis ditulis secara lengkap tanpa disingkat, tanpa gelar dan jabatan profesional.

Afiliasi penulis meliputi: nama departemen/unit, nama universitas/nama instansi, alamat, kota, kode pos, negara. Penulis korespondensi (termasuk alamat e-mail) ditulis dengan menambahkan tandasuperscript setelah nama. Bila penulis memiliki afiliasi yang berbeda, diberikan kode nomor berbeda di akhir nama penulis dengan format superscript. Bila semua penulis memiliki afiliasi/instansi yang sama, kode nomor tidak perlu dituliskan.

Abstrak memberikan pengantar singkat disertai masalah, tujuan, metode, ringkasan hasil serta kesimpulan penelitian, ditulis dalam satu paragraf dalam 1 kolom maksimal 250 kata. Abstrak dibuat dalam 2 bahasa. Apabila naskah dalam Bahasa Indonesia, maka abstrak dengan Bahasa Indonesia ditulis terlebih dahulu kemudian abstrak dalam Bahasa Inggris dan sebaliknya.

Kata Kunci/Keyword minimal 3 kata atau frasa dipisahkan dengan tanda koma yang menunjukkan subjek-subjek utama di dalam naskah.

Isi tulisan dimulai dari PENDAHULUAN, METODE, HASIL DAN PEMBAHASAN, KESIMPULAN, UCAPAN TERIMA KASIH DAN DAFTAR PUSTAKA. Isi tulisan dibuat dengan 2 kolom dengan huruf Arial 10pt.

Tabel dibuat ringkas dan diberi judul yang singkat tetapi jelas hanya menyajikan data esensial dan mudah dipahami. Tabel diberi catatan secukupnya, termasuk sumbernya. Setiap tabel diberi nomor secara berurutan di dalam naskah. Untuk tabel yang ukurannya melebihi satu kolom, maka dapat menempati area dua kolom.

Gambar, Grafik dan Foto harus tajam dan jelas agar cetakan berkualitas baik. Semua simbol di dalamnya harus dijelaskan. Gambar, grafik dan foto

memiliki kedalaman minimal 300 dpi. Gunakan *textbox* untuk menyisipkan gambar. File gambar asli mohon disertakan pada lampiran terpisah (*supplementary file*).

Kesimpulan simpulan harus menjawab tujuan penelitian dan disusun dalam bentuk narasi dan bukan pointer.

Ucapan terima kasih ucapan terima kasih wajib dituliskan penulis, ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu penulis dalam melakukan penelitian misalnya pemberi data atau pemberi dana.

Daftar Pustaka Referensi hendaknya dari sumber yang jelas dan terpercaya, minimal berjumlah 10 referensi. Setiap referensi yang tercantum dalam daftar pustaka harus dikutip (disitir) pada naskah dan sebaliknya setiap kutipan harus tercantum dalam daftar pustaka. Referensi primer harus lebih dari 80% dan diterbitkan dalam 5 tahun terakhir. Referensi yang dicantumkan dalam naskah mengikuti pola baku dengan disusun menurut abjad berdasarkan nama (keluarga) penulis pertama dan tahun publikasi, dengan sistem sitasi *American Physiological Association* 6th Edition. Setiap artikel yang dikirimkan ke Geomatika harus menggunakan perangkat lunak pengelolaan referensi (*reference management software*) yang mendukung *Citation Style Language* seperti Mendeley, Zotero, EndNote dan lainnya.

Contoh penulisan di dalam Daftar Pustaka adalah sebagai berikut:

Aziz, N. (2006). Analisis Ekonomi Alternatif Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Kecamatan Barru, Kabupaten Barru. Universitas Diponegoro.

(Contoh referensi **Skripsi/Tesis/Disertasi**)

Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. Retrieved September 17, 2007, from <http://cdm.unfccc.int/Panels/ar>.

(Contoh referensi **Naskah Online**)

Danoedoro, P. (2009). Land-use Information from the Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning. Queensland: LAP Lambert Acad. Publisher.

(Contoh referensi dalam **Buku**)

Indonesia, R. Undang-undang No. 4 tentang Informasi Geospasial (2011).

(Contoh referensi dalam **Undang-undang**)

Neumeyer, J. (2010). Superconducting Gravimetry. In G.Xu (Ed.), *Sciences of Geodesy - I* (pp. 340–406). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11741-1>

(Contoh referensi **bagian dari Buku**)

Othman, A., & Gloaguen, R. (2013). River Courses Affected by Landslides and Implications for Hazard Assessment: A High Resolution Remote Sensing Case Study in NE Iraq–W Iran. *Remote Sensing*, 5(3), 1024–1044.

(Contoh referensi **Artikel dalam Jurnal**)

Setiawan, I. B. (1999). Studies on environmental change and sustainable development of Cidanau Watershed. In *International Workshop on Sustainable Resources Management of Cidanau Watershed* (p. 235). Bogor.

(Contoh referensi dalam **Naskah Prosiding**)

Catatan:

- **Pustaka berupa diktat kuliah, bahan presentasi, dan dokumentasi perseorangan yang belum dipublikasi resmi tidak diperkenankan untuk digunakan/ dicantumkan**

Sekretariat

Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta-Bogor, Km. 46 Cibinong

Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia

Telp. 021-8752062 fax. 021-8752064

e-mail: majalah.globe@big.go.id

Homepage: jurnal.big.go.id/index.php/GL

P-ISSN 1411-0512

