

PEMANFAATAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI UNTUK PEMETAAN ATAP ASBES PADA DAERAH RAWAN GEMPABUMI

Studi Kasus di Kelurahan Ciumbuleuit, Kecamatan Cidadap, Kota Bandung

(Utilization of high resolution satellite imagery for Mapping Asbestos Roofs in Earthquake prone Areas Case Study in Ciumbuleuit Subdistrict, Cidadap District, Bandung City)

Sandra Tiana¹, Garda Asa Muhammad¹, Aria Fathi Izaz², Ai Sulastri¹, Dian Nugraheni², Achmad Fadhilah¹

¹Program Studi Sains Informasi Geografi, FPIPS-UPI, Bandung

²Program Studi Survei Pemetaan dan Informasi Geografis, FPIPS-UPI, Bandung

Alamat: Jl. Dr. Setiabudi No 229 Bandung 40154

E-mail: sandratiana@upi.edu

Diterima: 20 September 2024, Direvisi: 10 Oktober 2024; Disetujui untuk Dipublikasikan: 25 November 2024

ABSTRAK

Gempa bumi menjadi bencana alam paling mematikan yang memberikan dampak terhadap lingkungan tempat tinggal manusia. Kawasan Kelurahan Ciumbuleuit di Kecamatan Cidadap, Kota Bandung merupakan daerah dengan potensi tinggi terhadap risiko gempabumi karena lokasinya yang berdekatan dengan Sesar Lembang. Sepanjang 29 Kilometer Sesar Lembang membentang dari Padalarang hingga Cileunyi, termasuk melewati Kelurahan Ciumbuleuit sehingga memiliki risiko gempabumi yang lebih tinggi. Penggunaan atap asbes di daerah rawan gempa memiliki potensi bahaya pada kesehatan manusia. Atap berbahan asbes rentan pecah dan melepaskan debu berbahaya saat terjadi gempa. Debu ini mengandung serat asbes yang sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan metode klasifikasi OBIA untuk pemetaan dan mengidentifikasi jenis tutupan atap bangunan di Kelurahan Ciumbuleuit sebagai daerah rawan gempabumi. Penelitian ini menggunakan metode *Object-Based Image Analysis (OBIA)* yang memanfaatkan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) Pleiades untuk dilakukan interpretasi citra secara terbimbing. Penelitian ini juga menggunakan metode survei lapangan dan dilakukan perhitungan uji akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 klasifikasi penggunaan jenis atap di Kelurahan Ciumbuleuit yaitu asbes dengan luas 21,7 ha, genteng dengan luas 52,2 ha, beton dengan luas 20 ha dan seng dengan luas 8,4 ha dengan hasil akurasi keseluruhan 87%. Pemerintah Kota Bandung telah mensosialisasikan larangan penggunaan asbes sebagai bahan bangunan, dijelaskan dalam pasal 77 bahan bangunan harus berdampak baik pada kesehatan terlebih lagi penggunaan asbes masih digunakan pada daerah rawan gempa Kelurahan Ciumbuleuit saat ini.

Kata kunci: atap asbes, kesehatan, citra satelit resolusi tinggi, gempa, *OBIA*

ABSTRACT

Earthquakes are the deadliest natural disasters that affect the environment in which people live. Ciumbuleuit Urban Village in Cidadap Subdistrict, Bandung City is an area with high potential for earthquake risk due to its location near the Lembang Fault. Along 29 kilometers, the Lembang Fault stretches from Padalarang to Cileunyi, including passing through Ciumbuleuit Village, so it has a higher earthquake risk. The use of asbestos roofs in earthquake-prone areas has potential hazards to human health. Asbestos roofs are prone to breaking and releasing dangerous dust during an earthquake. This dust contains asbestos fibers which are very dangerous if inhaled by humans. This research aims to analyze the ability of the OBIA classification method for mapping and identifying the type of building roof cover in Ciumbuleuit Village as an earthquake-prone area. This research uses the Object-Based Image Analysis (OBIA) method which utilizes Pleiades high-resolution satellite imagery (CRST) for guided image interpretation. This research also uses field survey method and accuracy test calculation. The results showed that there are 4 classifications of roof types in Ciumbuleuit village, namely asbestos with an area of 21.7 ha, roof tiles with an area of 52.2 ha, concrete with an area of 20 ha and zinc with an area of 8.4 ha with an overall accuracy of 87%. The Bandung City Government has socialized the prohibition of the use of asbestos as a building material, explained in article 77 that building materials must have a good impact on health, moreover the use of asbestos is still used in the earthquake-prone area of Ciumbuleuit Village today.

Keywords: *asbestos roofs, health, high resolution satellite imagery, earthquake, OBIA*

PENDAHULUAN

Penggunaan atap berbahan asbes pada permukiman di daerah rawan bencana dapat menimbulkan masalah baru yang membahayakan masyarakat. Asbestos adalah zat silika fiber karsinogen yang bersifat tahan panas, tahan korosi, dan tahan kondisi asam maupun basa. Kelebihan-kelebihan dari bahan tersebut tidak diimbangi dengan ketahanan terhadap tekanan, pukulan maupun perlakuan fisik lainnya sehingga bahan asbes mudah hancur dan menjadi halus (*friable*) (Thamrin & Mukhlis, 2014).

Ketika terjadi bencana alam seperti gempa bumi, atap asbes sangat berpotensi terjadi pecah dan menjadi puing-puing yang menyebarkan serat asbes mematikan yang mengkontaminasi lingkungan. Serat asbes menjadi mudah terhirup oleh manusia sehingga tidak hanya bisa membahayakan warga terdampak bencana akan tetapi juga para pekerja kemanusiaan yang bekerja di wilayah tersebut. Sifatnya yang tahan panas dan tahan asam membuat debu yang terhirup akan mengendap di sistem pernafasan secara permanen.

Paparan asbes, termasuk *chrysotile*, menyebabkan kanker paru-paru, laring, dan ovarium, serta mesothelioma (kanker pada lapisan pleura dan peritoneum). Paparan asbes juga bertanggung jawab atas penyakit lain seperti asbestosis (fibrosis paru-paru), dan plak, penebalan, dan efusi pada pleura. Saat ini, sekitar 125 juta orang di dunia terpapar asbes di tempat kerja. Sekitar setengah dari kematian akibat kanker akibat kerja diperkirakan disebabkan oleh asbes. Selain itu, diperkirakan beberapa ribu kematian setiap tahunnya dapat dikaitkan dengan paparan asbes di rumah (World Health Organization, 2018).

Indonesia memiliki peringkat ke 12 dari 164 negara yang masih menggunakan asbes (Local Initiative for Occupational Safety and Health (LION), 2023). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), tercatat bahwa penggunaan asbes sebagai bahan utama atap rumah mencapai 9,42% pada tahun 2021, dan meningkat menjadi 10,08% pada tahun 2022. Kenaikan penggunaan asbes ini berpotensi meningkatkan jumlah penderita mesothelioma di Indonesia. Mirisnya penggunaan bahas atap asbes masih populer di masyarakat kelas menengah ke bawah karena harga dari atap asbes yang lebih ekonomis.

Pemerintah Indonesia sendiri telah mengatur penggunaan asbes seperti yang tertera pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.01/Men/1980 (Mentri Tenaga Kerja dan Trasmigrasi, 1980) Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Kontruksi Bangunan, Pasal 85 (1) menyatakan bahwa Asbes hanya boleh di gunakan apabila bahan lain yang kurang berbahaya tidak tersedia; dan (2) Apabila asbes digunakan, maka tindakan pencegahan harus dilakukan agar

tenaga kerja tidak menghirup serat asbes. Sedangkan di Kota Bandung terdapat Peraturan Daerah No. 14/2018 pasal 77 tentang bangunan gedung, yang menyatakan bahwa dalam perbangunan di kota Bandung dilarang menggunakan bahan beracun berbahaya, salah satunya adalah asbes. Monitoring terhadap atap penggunaan asbes dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh.

Perkembangan teknologi yang pesat dalam bidang penginderaan jauh sangat memudahkan para peneliti untuk memetakan dan meneliti suatu fenomena spasial. Penginderaan jauh sudah lama digunakan untuk memetakan dan memantau fitur-fitur perkotaan karena memungkinkan akuisisi data yang cepat dan hemat biaya dengan pengamatan berulang pada area yang luas (Yin et al., 2021). Data dari citra satelit dengan resolusi sangat tinggi (CSRT) menawarkan resolusi spasial yang unggul, mengungkapkan informasi yang lebih kompleks dan rinci dibandingkan dengan citra resolusi tinggi biasa. Mengingat bahwa daerah perkotaan memiliki berbagai fitur permukaan yang mungkin terbuat dari bahan serupa seperti beton, aspal, dan bata tanah liat maka citra resolusi tinggi bisa optimal digunakan. Citra satelit dengan resolusi sangat tinggi dapat mendeteksi dengan lebih detail mengenai komposisi dan struktur permukaan.

Citra Pleiades telah banyak digunakan untuk pemetaan di berbagai bidang. (James et al., 2020) menggunakan citra Pleiades untuk memetaan tutupan lahan menggunakan metode machine learning. Sementara itu, (Panagiotakis et al., 2018) memanfaatkan citra Pleiades-1 untuk menghasilkan peta 3D Digital Surface Model (DSM). Citra Pleiades direkam dari satelit konstelasi yang terdiri dari 2 satelit kembar sehingga dapat menghasilkan citra 3D berupa DSM melalui pemetaan stereo (stereo mapping). (Widipaminto et al., 2021) memanfaatkan citra Pleiades untuk untuk identifikasi material atap bangunan berbasis klasifikasi multispektral. Pemetaan jenis material asbes yang dilakukan (Widipaminto et al., 2021) menghasilkan nilai akurasi yang baik dengan nilai kappa sebesar 0.9069.

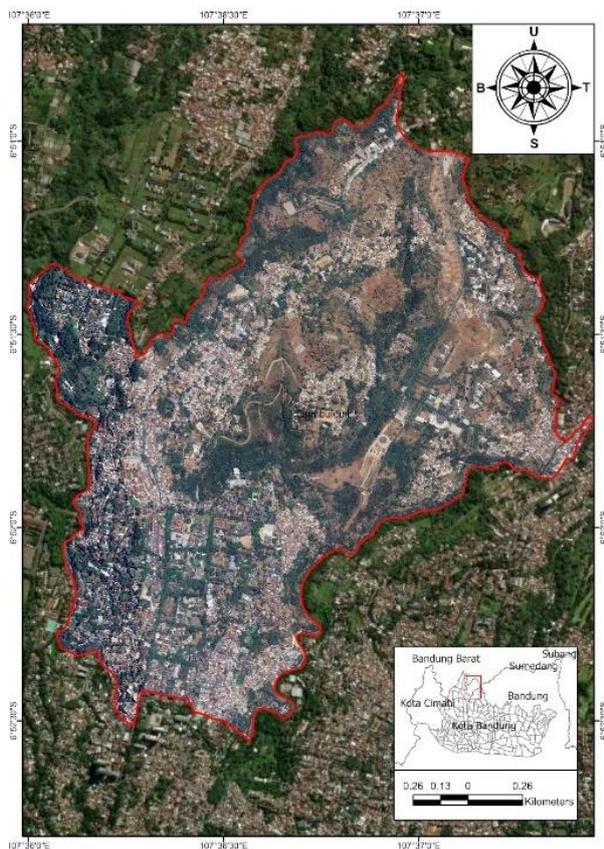
Object-based image analysis (OBIA) adalah metode pada penginderaan jauh yang berfungsi untuk membagi gambar menjadi segmen homogen yang tidak tumpang tindih, yang disebut segmentasi citra. Objek-objek ini kemudian dapat diklasifikasikan menggunakan sampel pengklasifikasi yang diawasi sesuai dengan objek yang dikaji (Gibril et al., 2017). Pada penelitian ini metode OBIA digunakan untuk mengklasifikasikan jenis atap pada suatu wilayah menggunakan sampel terbimbing yang menyesuaikan karakteristik jenis atapnya seperti warna, rona, tekstur, dan bentuk sehingga dapat diklasifikasikan pada salah satu kelas.

Hingga saat ini masih belum banyak kajian dan penelitian mengenai pemetaan jenis atap asbes di Indonesia, khususnya yang menggunakan citra resolusi sangat tinggi dan metode OBIA. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan jenis atap dari CSRT dengan menggunakan metode klasifikasi OBIA. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi oleh Pemerintah dalam pemetaan sebaran atap asbes di Indonesia.

METODE

Lokasi Penelitian

Objek permukaan bumi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lahan terbangun yang difokuskan berbahan dasar asbes. Lokasi penelitian ini terletak di Kelurahan Ciumbuleuit, Kecamatan Cidadap, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat. Kelurahan Ciumbuleuit terletak pada 107° 35' 59.62" - 107° 37' 27.21" Bujur Timur, 06° 52' 32.9" - 06° 50' 50" Lintang Selatan (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi penelitian Kelurahan Ciumbuleuit, Kecamatan Cidadap, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat.

Menurut Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandung menjelaskan bahwa wilayah Punclut Kelurahan Ciumbuleuit, Kecamatan Cidadap yang merupakan kawasan konservasi di Kawasan Bandung Utara. Wilayah kawasan konservasi ini harus dijaga kelestariannya oleh masyarakat setempat dan pemerintah. Namun saat ini kondisi wilayah tersebut yang masuk Kelurahan

Ciumbuleuit mengalami alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana, wilayah Kelurahan Ciumbuleuit ini termasuk daerah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap bencana gempa bumi dan pergerakan tanah.

Pemilihan wilayah kajian Kelurahan Ciumbuleuit didasari oleh terbitnya Perda Kota Bandung No. 14/2018 (Walikota Bandung, 2018) yang secara jelas melarang penggunaan atap berbahan asbes di wilayah Kota Bandung. Selain dari terbitnya peraturan tersebut, Kelurahan Ciumbuleuit yang berdekatan dengan pusat patahan Sesar Lembang menjadikan risiko terjadi gempa di kelurahan ini cukup tinggi. Menurut peta risiko gempa bumi BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, n.d.), Kelurahan Ciumbuleuit termasuk pada zona merah dengan kecenderungan tinggi. Dua faktor tersebut menjadikan Kelurahan Ciumbuleuit sangat ideal untuk dijadikan wilayah kajian pengindraan jauh mengenai kebencanaan dan deteksi penggunaan atap asbes.

Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer ini meliputi, Data Citra Pleiades tahun 2024 dan Data yang diambil langsung saat survei lapangan. Survei lapangan ini dilakukan pada tanggal 14 September 2024 untuk pengecekan dan mengidentifikasi lahan terbangun yang berbahan asbes dan non asbes (genteng, seng, dan beton). pada citra yang sudah dilakukan segmentasi dan di lapangan sesuai dengan kriterianya dan dilakukan pengambilan titik sebanyak 100 titik yang digunakan dalam uji akurasi. Adapun data sekunder yang digunakan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) 1:25.000 yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG), Peta Risiko Gempa bumi Skala 1: 250.000 yang didapat dari laman (*website*) Inarisk BNPB pada tahun 2021.

Analisis Data

Penelitian ini secara garis besar dibagi atas dua tahapan: (i) melakukan klasifikasi atap rumah dari CSRT dengan menggunakan OBIA, (ii) uji akurasi hasil klasifikasi dengan data pengamatan lapangan, (iii) analisis peta klasifikasi atap rumah pada wilayah risiko gempa bumi. Diagram alir penelitian ini disajikan pada **Gambar 3**.

Klasifikasi Atap Rumah dari CSRT

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan segmentasi *OBIA* menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi. CSRT merupakan citra satelit dengan tingkat resolusi spasial sangat tinggi yaitu mencapai sekitar 0,5 meter yang digunakan untuk

proses klasifikasi objek maupun proses pembuatan pemetaan yang digunakan sebagai informasi geospasial. Citra satelit yang masuk kategori CSRT adalah Quickbird, GeoEye, Worldview 2, Worldview 3, dan Pleiades. CSRT yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Citra Pleiades 1A / 1B pada tanggal 17 Oktober Tahun 2023 (Thoriq Fajar Setiawan et al., 2019). Citra Pleiades ini merupakan citra resolusi tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk mengkaji kawasan permukiman, yang relevan digunakan untuk penelitian dengan area kajian perkotaan yang membutuhkan citra skala detail. Satelit ini menghasilkan citra dalam 2 (dua) moda yakni moda pankromatik yang terdiri dari 1 band Pankromatik (480 - 830 mm), dengan resolusi spasial 0.5 meter (Bank pankromatik - hasil resampling), dan moda multispektral yang terdiri dari 4 band VNIR (*Visible and Near Infrared*) dengan resolusi spasial 2 meter (hasil resampling), ketinggian 695 kilometer, dan lebar sapuan 20 kilometer.

Object-Based Image Analysis (OBIA)

Pada pengolahan pengklasifikasian ini dilakukan dengan pendekatan *OBIA* yaitu salah satu metode ekstraksi citra penginderaan jauh. Pengolahan *OBIA* ini piksel yang berdekatan secara spasial dan memiliki kemiripan nilai spektral akan dikelompokkan menjadi satu kelas sehingga pendekatan *OBIA* yang berbasis objek dinilai lebih baik daripada klasifikasi berbasis piksel (Farizkhar et al., 2022). Pengklasifikasian dengan teknik *OBIA* ini dapat digunakan dengan data CSRT dan metode segmentasi. Pada klasifikasi tutupan lahan ini digunakan metode *OBIA* yang dilakukan input cita pada software eCognition Developer 64 dan dilakukannya Multi Resolution Segmentation (MRS). Algoritma MRS ini mengendalikan ukuran dan bentuk objek hasil segmentasi berdasarkan dari nilai segmentasi yang berdasarkan nilai *scale parameters*, *compactness*, dan *shape* (Shang et al., 2019).

Parameter	Value
Overwrite existing level	Yes
▲ Level Settings	
Level Name	Level 1
▲ Segmentation Settings	
▸ Image Layer weights	1, 1, 1
▸ Thematic Layer usage	
Scale parameter	50
▲ Composition of homogeneity criterion	
Shape	0.1
Compactness	0.9

Gambar 2. Pengolahan *object-based image analysis* dengan software *ecognition developer 64*.

Keunggulan dari pengolahan *OBIA* ini yaitu banyaknya parameter yang bisa dimasukkan sebagai penentu klasifikasi citra seperti, jarak antar

objek, ukuran objek, sehingga dapat menentukan klasifikasi lahan terbangun yang berada di Kelurahan Ciumbuleuit. Pada *software* eCognition Developer 64 ini setelah dilakukannya pengklasifikasian bisa langsung diekspor ke *software* seperti ArcGIS 10.8 (**Gambar 2**). Pengolahan skala segmentasi yang digunakan dalam *software* eCognition Developer 64 yaitu 50, bobot masing-masing layer RGB adalah 1:1:1. Bobot *shape* dan *compactness* yang digunakan adalah 0.1 untuk *shape* dan 0.9 untuk *compactness*. Nilai *compactness* lebih besar dibanding *shape* dikarenakan bentuk dari atap secara umum homogen dan serupa, sedangkan nilai kekompakan rona, tekstur, dan warna dari berbagai jenis atap dapat sangat berbeda tergantung material yang digunakan.

Kriteria Lahan Terbangun Berbahan Asbes

Dalam menentukan kriteria lahan terbangun berbahan asbes ini ditentukan dari pengklasifikasian *OBIA* yang dibagi menjadi beberapa kelas dalam penutup lahan dan penggunaan lahan pada suatu citra. Hasil dari pengklasifikasian yang sudah dilakukan tentunya dapat diketahui melalui hasil survei lapangan. Dalam pengklasifikasian *OBIA* dibagi menjadi beberapa kelas yaitu jalan, atap berbahan asbes, atap berbahan seng, genteng rumah, jalan, vegetasi, yang masing masing dilakukan pengambilan sampel dengan *software* eCognition Developer 64. Pengklasifikasian atap dilakukan dengan beberapa parameter indeks spektral, warna, atribut geometris, dan tekstur yang membedakan jenis atap satu dan lainnya. Atap berbahan asbes dicirikan dengan warna keabuan, tidak memantulkan cahaya, berbentuk persegi, serta memiliki tekstur yang cenderung kasar jika dibandingkan jenis atap lain.

K-Nearest Neighbor Algorithm (KNN)

K-Nearest Neighbors (k-NN) didefinisikan sebagai teknik multivariat non-parametrik yang sering digunakan untuk membuat prediksi kontinu atau kategorikal (Chirici et al., 2016). Algoritma ini dikenal karena kesederhanaannya dan efektivitasnya. KNN merupakan algoritma pembelajaran terbimbing/terawasi (*supervised*), di mana dataset berlabel disediakan, dan titik-titik data dikategorikan ke dalam kelas-kelas tertentu sehingga memungkinkan prediksi kelas data yang tidak berlabel. Dalam klasifikasi, berbagai karakteristik menentukan kelas data yang belum diberi label. KNN paling sering digunakan sebagai pengklasifikasi, yaitu untuk mengelompokkan data berdasarkan contoh pelatihan terdekat di sekitarnya. Metode ini populer karena mudah dieksekusi dan memiliki waktu komputasi yang relatif rendah. Untuk data kontinu, algoritma ini

biasanya menggunakan jarak Euclidean untuk menghitung tetangga terdekatnya.

Pada input baru, K tetangga terdekat dihitung, dan mayoritas kelas dari tetangga tersebut menentukan klasifikasi untuk data tersebut. Meskipun algoritma ini sederhana, pemilihan nilai 'K' sangat penting dalam menentukan hasil klasifikasi. Ada beberapa metode untuk menentukan nilai 'K', tetapi salah satu pendekatannya adalah mencoba beberapa kali dengan nilai berbeda untuk menemukan hasil terbaik. Biaya komputasi sedikit lebih tinggi karena perhitungan dilakukan saat data diuji, bukan selama pelatihan. KNN paling efektif digunakan pada dataset yang datanya dikelompokkan dalam beberapa kluster (*cluster*) yang berbeda, sehingga kelas dari input baru bisa ditentukan. Algoritma ini sangat berguna dalam penelitian yang tidak memiliki pengetahuan awal tentang dataset yang digunakan.

Penentuan Sampel Lapangan

Penentuan sampel dilakukan menggunakan metode Slovin yang dihitung menggunakan rumus berikut (Nalendra et al., 2021.):

$$n = \frac{N}{1 + N \cdot e^2}$$

Keterangan:

n = Jumlah titik sampel

N = Jumlah data

e = toleransi kesalahan

Uji Akurasi

Uji akurasi digunakan untuk mendeteksi nilai kesalahan pada klasifikasi data sehingga dapat diketahui nilai ketelitian dari suatu pemetaan. Evaluasi ini berperan untuk menguji keakuratan klasifikasi terbimbing dari proses segmentasi secara visual dengan mengambil sampel di lapangan (Sampurno & Thoriq, 2016). Uji akurasi dilakukan dengan membuat matrik kontingensi atau matrik kesalahan (*confusion matrix*) dan Nilai Kappa.

Secara matematis akurasi diatas dapat diuraikan dalam rumus **persamaan 1**, **persamaan 2** dan **persamaan 3**

$$User's Accuracy = \frac{X_{yy}}{X_{+y}} \times 100\%.....(1)$$

$$Producer's Accuracy = \frac{X_{yy}}{X_{y+}} \times 100\%.....(2)$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum y^r X_{yy}}{N} \times 100\%.....(3)$$

Keterangan:

X_{yy} = Total sampel diagonal yang terlaksana

X_{y+} = jumlah piksel dalam baris ke-y

X_{+y} = jumlah piksel dalam kolom ke-y

N = Total sampel keseluruhan

Nilai akurasi juga dihitung berdasarkan akurasi Kappa yang disebut juga sebagai indeks kappa.

Indeks kappa didefinisikan menggunakan **Persamaan 4**.

$$Kappa = \frac{N \sum y^r X_{yy} - \sum y^r X_{y+} X_{+y}}{N^2 - \sum y^r X_{y+} X_{+y}} \times 100\%.....(4)$$

Keterangan:

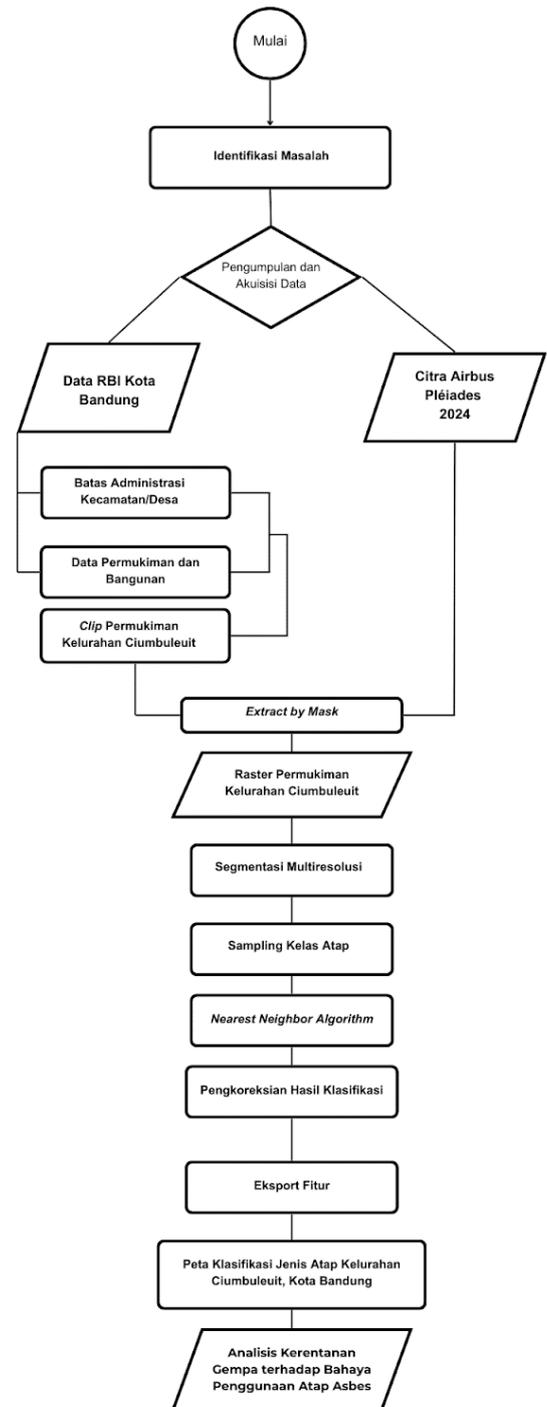
X_{yy} = Total sampel diagonal yang terlaksana

X_{y+} = Total kolom

X_{+y} = Total baris

N = Total sampel keseluruhan

Diagram Alir



Gambar 3. Diagram alir pengolahan peta klasifikasi jenis atap.

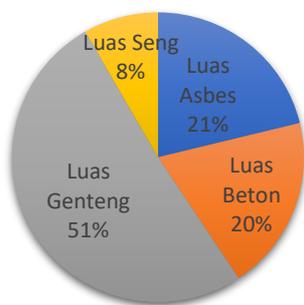
Pada **Gambar 3** untuk melakukan pemetaan atap yang berbahan asbes, beberapa tahapan penting perlu dilakukan secara sistematis. Proses ini dimulai dengan pengumpulan data yang mencakup data raster dan data poligon yang relevan. Data ini kemudian diolah dan dipersiapkan sebagai dasar untuk tahapan pemrosesan selanjutnya. Tahap pertama dalam pengolahan adalah *clipping*, yang berfungsi untuk memotong data agar sesuai dengan area yang ditargetkan. Setelah itu, dilakukan proses *extract by mask*, yang bertujuan untuk mengekstraksi bagian-bagian tertentu dari data yang dianggap penting atau relevan.

Selanjutnya, data yang telah diekstrak melalui proses segmentasi, di mana objek-objek pada peta dikelompokkan berdasarkan kemiripan fitur-fitur tertentu. Segmentasi ini penting untuk memudahkan identifikasi objek-objek yang memiliki karakteristik serupa, sehingga pemetaan menjadi lebih akurat. Setelah segmentasi, dilakukan proses sampling, di mana sampel dari data yang telah diproses diambil dan digunakan sebagai acuan untuk klasifikasi. Klasifikasi ini bertujuan untuk mengelompokkan atap-atap yang teridentifikasi berdasarkan jenis materialnya, terutama untuk mengidentifikasi atap yang berbahan asbes. Lewat serangkaian tahapan tersebut, hasil pemetaan yang diperoleh akan lebih tepat dan sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

Pada penelitian ini, interpretasi citra dilakukan secara digital dan manual berdasarkan pada pengenalan ciri atau karakteristik objek jenis atap.

Analisis Hasil Segmentasi Object Image Analysis (OBIA)

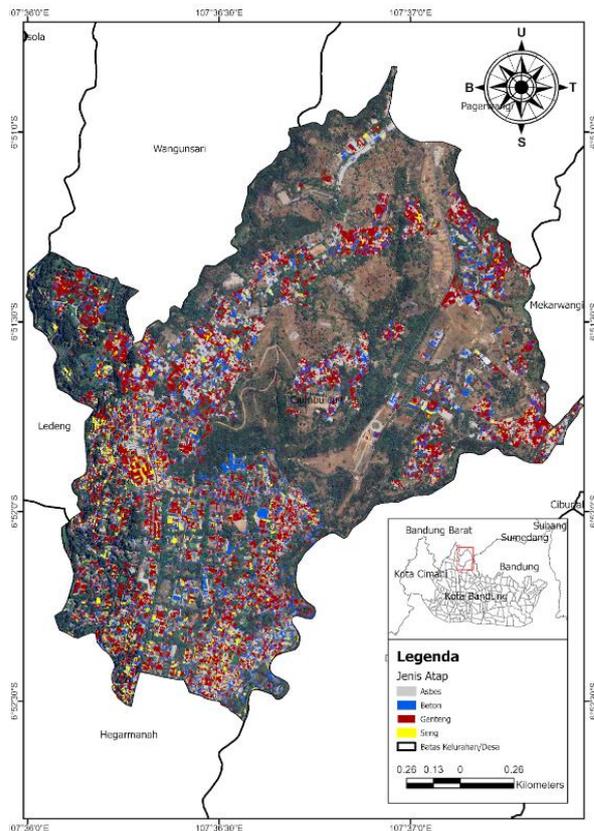
Dari proses segmentasi OBIA didapatkan hasil klasifikasi jenis atap dengan luasan total permukiman 102,3 ha yang disajikan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4. Luasan masing-masing jenis atap.

Berdasarkan analisis luas area, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penduduk Ciumbuleuit masih menggunakan jenis atap berbahan genteng tanah liat dengan luasan 52,2 Ha. Area seluas ini menyumbang sebesar 51% dari total luasan permukiman. Penggunaan jenis atap ini

umumnya ditemukan pada daerah perumahan kelas menengah ke atas. Hal ini menunjukkan adanya korelasi antara status ekonomi dan pilihan material atap.



Gambar 5. Hasil segmentasi *object-based image analysis (OBIA)*

Jenis atap bahan asbes menempati peringkat kedua terbanyak dengan luasan 21,7 Ha yang menyumbang 21.2% dari total luasan permukiman. Atap jenis ini cenderung ditemukan di daerah permukiman padat dengan status ekonomi menengah ke bawah. Alasan mengapa masyarakat kelas menengah bawah dengan pola permukiman padat masih menggunakan asbes adalah harganya yang lebih ekonomis dan lebih mudah dalam pemasangannya dibandingkan dengan jenis atap genteng tanah liat. Konsentrasi atap asbes pada permukiman padat lebih berbahaya ketika terjadi bencana karena kemungkinan puing-puing dari satu bangunan menimpa material asbes lebih mudah pecah oleh puing-puing bangunan lebih tinggi. Kepadatan bangunan juga dapat mempersulit proses evakuasi dan penanganan darurat, sehingga memperpanjang waktu paparan terhadap bahaya asbes. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan metode OBIA K-NN yang dilakukan di Kajang, Malaysia didapati hasil persentase asbes yang lebih rendah yaitu 12% (Gibril et al., 2017). Sedangkan penelitian menggunakan foto udara *hyperspectral* di Kawasan Industri Follonica, Italia mendeteksi penggunaan asbes sekitar 19.1% (Frassy et al., 2014). Hal ini menyimpulkan bahwa

penggunaan asbes di Indonesia memiliki kecenderungan yang lebih tinggi.

Atap beton menempati peringkat ketiga terbanyak dengan luasan 20 Ha atau 19,5% dari luasan permukiman. Beton digunakan terutama di kawasan bisnis komersial seperti pertokoan, hotel, dan tempat hiburan. Penggunaan atap ini sering ditemukan pada bangunan tinggi dan luas dengan bentuk persegi, karena atap beton menawarkan kekuatan dan daya tahan yang lebih tinggi dibandingkan jenis atap lainnya. Selain itu, atap beton juga mampu menahan beban yang besar, termasuk cuaca ekstrem seperti angin kencang dan hujan deras, sehingga memberikan perlindungan ekstra bagi bangunan komersial. Namun, karena bobotnya yang berat, atap ini membutuhkan struktur bangunan yang kokoh serta biaya pemasangan yang lebih mahal dibandingkan dengan atap ringan lainnya.

Lalu peringkat terakhir adalah atap seng dengan luasan 8,4 Ha menyumbang sebesar 8,3% dari total luasan. Penelitian ini menggambarkan/menyimpulkan bahwa atap seng belum menjadi pilihan yang populer masyarakat Kelurahan Ciumbuleuit. Atap seng bisa menjadi pilihan yang lebih aman dibandingkan dengan atap asbes karena harganya yang sama ekonomisnya dan pemasangannya lebih mudah. Selain itu, atap seng memiliki bobot yang ringan, sehingga saat bencana, risiko bahayanya lebih rendah dibandingkan jenis atap lainnya. Namun, jika kualitasnya kurang baik, atap seng berisiko mengalami karat seiring waktu yang dapat mengurangi kekuatan dan daya tahan atap.

Berdasarkan observasi ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa masyarakat kelas menengah bawah menghadapi risiko yang lebih tinggi untuk terpapar zat berbahaya dari asbes dibandingkan dengan kelas menengah atas. Hal ini menciptakan ketimpangan dalam hal keamanan dan kesehatan lingkungan tempat tinggal.

Pada penelitian ini interpretasi citra dilakukan secara digital dan manual berdasarkan pada pengenalan ciri atau karakteristik objek jenis atap yang ada pada wilayah kajian. Karakteristik objek yang tergambar pada citra dapat dikenali berdasarkan unsur-unsur interpretasi. Unsur ini mampu mempermudah dalam proses interpretasi sehingga dapat menghasilkan akurasi yang sesuai. Hasil interpretasi tersebut kemudian dilakukan survei lapangan untuk mengecek kesesuaian objek berdasarkan hasil interpretasi.

Proses survei lapangan ini terlebih dahulu dilakukan proses penentuan sampel yang tersebar di seluruh wilayah kajian dengan perhitungan rumus slovin menggunakan **Persamaan 5**.

$$n = \frac{96481 + 9648 \times 0,12}{98,97415} = 100$$

(dibulatkan).....(5)

Keterangan:

n = Jumlah sampel

Tingkat toleransi = 10%

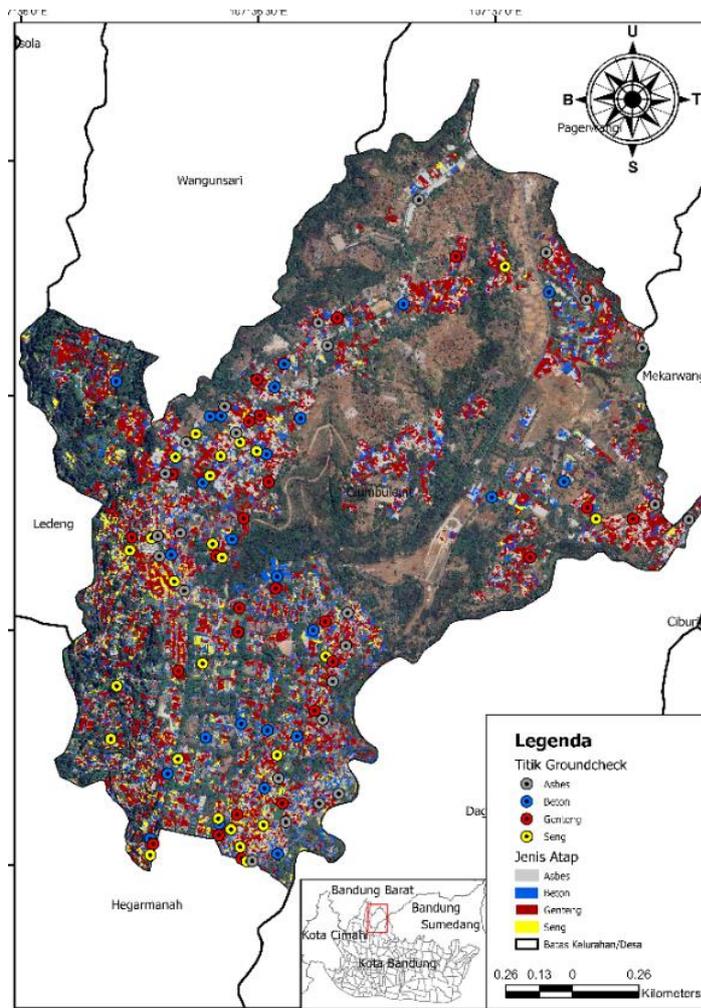
Dari **Persamaan 5** didapatkan 100 titik sampel yang dibulatkan dari hasil perhitungan. Sampel tersebut dibagi menjadi 25 titik asbes, 25 titik seng, 25 titik beton dan 25 titik genteng. Adapun hasil interpretasi yang survei lapangan klasifikasi jenis atap pada penelitian ini disajikan pada **Gambar 6**.

Hasil Interpretasi Citra	Klasifikasi Jenis Atap	Hasil Survei Lapangan
	Asbes	
	Beton	
	Genteng	
	Seng	

Gambar 6. Klasifikasi hasil interpretasi citra dan survei lapangan.

Berdasarkan hasil survei lapangan wilayah Ciumbuleuit didominasi oleh bangunan dengan jenis atap genteng dan rata-rata jenis atap asbes. Hasil interpretasi citra dan survei lapangan sebagian besar menunjukkan hasil yang cukup sesuai. Hal ini juga membuktikan bahwa penggunaan citra CSRT untuk interpretasi jenis atap tepat untuk digunakan. Sedangkan di bagian selatan Ciumbuleuit didapati atap bangunan yang bervariasi seperti asbes, genteng, beton dan seng. Dari hasil survei lapangan tersebut juga dapat diketahui bahwa masyarakat Ciumbuleuit menggunakan jenis atap yang bervariasi tergantung dengan kondisi ekonomi dan lingkungan sekitarnya.

Uji akurasi dilakukan dengan pengambilan sampel lapangan (**Gambar 7**) yang akan dibandingkan dengan hasil klasifikasi pada peta menggunakan metode *confusion matrix* dan indeks kappa yang menghasilkan nilai pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.



Gambar 7. Peta titik *groundcheck* untuk uji akurasi jenis atap.

Tabel 2. Ketelitian pengolahan citra satelit menggunakan matriks kesalahan (*confusion matrix*).

Data Sampel	Diklasifikasikan Ke Kelas				Total Baris	Produksi Akurasi
	Asbes	Genteng	Seng	Beton		
Asbes	22	1	0	2	25	88.0
Genteng	0	25	0	0	25	100.0
Seng	1	1	22	1	25	88.0
Beton	2	0	2	21	25	84.0
Total Kolom User Akurasi	25	27	24	24	100	Overall Akurasi 90.0

Uji akurasi ini membuktikan bahwa proses klasifikasi OBIA dapat menghasilkan data yang cukup akurat jika dioptimalkan dengan jumlah sampel yang memenuhi dan mewakili. Jika dibandingkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di Kajang, Malaysia, penggunaan citra Pleiades dapat menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan citra WorldView-2 dengan metode OBIA dan K-NN dengan nilai akurasi

77% (Gibril et al., 2017) Namun metode foto udara menggunakan *APEX hyperspectral* di Polandia tetap memiliki akurasi yang lebih tinggi dengan menyentuh angka 95% (Krówczyńska et al., 2016).

Tabel 3. Ketelitian Pengolahan Citra Satelit (Indeks Kappa).

UJI AKURASI	TB*TK	TS	TCS	UJI AKURASI
Asbes	625			
Genteng	675			
Seng	600	100	90	87%
Beton	600			
JUMLAH	2500			

Keterangan:

- TB = Total Row
- TC = Total Kolom
- TS = Total Sampel
- TCS = Total sampel diagonal terlaksana

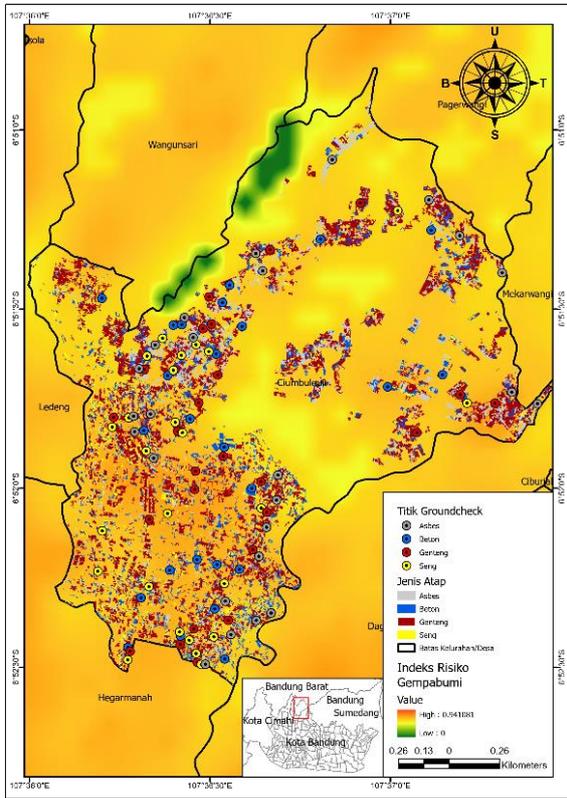
$$Kappa = \frac{100 \times 90 - 2500}{100^2 - 2500} \times 100\% = 87\%$$

Analisis Risiko Gempa Bumi Pada Daerah Penelitian

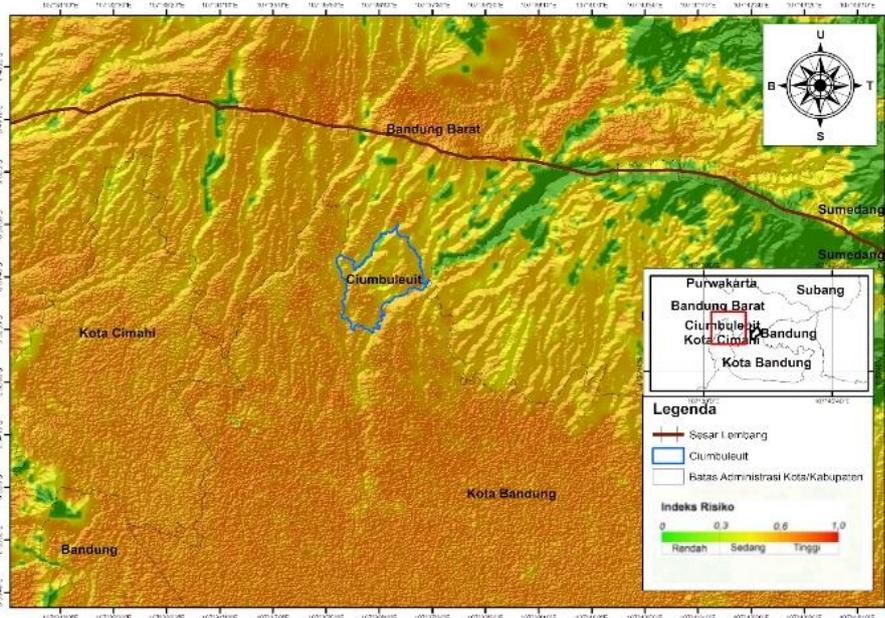
Kelurahan Ciumbuleuit terletak di wilayah dengan indeks resiko gempa bumi yang relatif tinggi berdasarkan Peta Risiko Gempa Bumi. **Gambar 8** diperoleh dari data Inarisk yang berasal dari portal risiko bencana yang menampilkan informasi ancaman bencana, kerentanan, kapasitas, dan risiko bencana yang bersumber dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BNPB).

Kelurahan Ciumbuleuit terletak di wilayah dengan indeks resiko gempa bumi yang relatif tinggi (**Gambar 9**). Diindikasikan oleh warna orange-kuning pada peta. Lokasi Ciumbuleuit ini berada di dekat Sesar Lembang, yang diinterpretasikan oleh garis coklat melintang dibagian utara peta. Keberadaan sesar aktif ini meningkatkan potensi aktivitas seismik di wilayah tersebut (Daryono et al., 2019). Kerentanan pada daerah gempa ini cukup berbahaya mengingat terdapat pemukiman yang tersebar di daerah Ciumbuleuit, yang diperparah oleh penggunaan material kontruksi yaitu penggunaan atap asbes sekitar 21,2% yang tersebar di daerah Ciumbuleuit.

Asbes memiliki sifat getas dan mudah patah ketika terjadi guncangan. Dalam situasi gempa bumi atap asbes berpotensi runtuh, serta meningkatkan risiko cedera dan kerusakan properti. Fragmentasi asbes akibat getaran seismik atau aktivitas pembangunan perkotaan dapat melepaskan serat mikroskopis ke udara. Serat – serat ini memiliki karakteristik yang berpotensi serat asbes melayang di udara dalam waktu yang cukup lama pada permukaan, pakaian dan jaringan paru paru manusia. Paparan jangka panjang terhadap serat asbes dapat menimbulkan penyakit yang serius, termasuk kanker paru-paru (Dimiskovska, 2010). Penggunaan asbes yang cukup signifikan di daerah Ciumbuleuit mencerminkan dilema sosio-ekonomi, meskipun atap asbes masih menjadi pilihan karena keterjangkauan harga dan daya tahannya, meskipun ada risiko kesehatan yang signifikan terkait penggunaannya (Alaazi & Aganah, 2020).



Gambar 9. Peta resiko gempa bumi, di Ciumbuleuit bersumber dari BNPB.



Gambar 8. Peta risiko gempa bumi.

Penelitian terdahulu lebih banyak memanfaatkan data foto udara *Hyperspectral* dengan metode identifikasi dengan teknik klasifikasi berbasis piksel seperti klasifikasi *Spectral Angle Mapper* (Bassani et al., 2007; Fiumi et al., 2014; Frassy et al., 2014; Krówczyńska et al., 2016) Namun, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengklasifikasi berbasis piksel kurang efisien untuk mengekstrak kelas tutupan lahan di dalam kota, seperti jenis atap karena keterbatasannya untuk mengidentifikasi objek (Tahezadeh & Shafri, 2013) mdurSelain itu keterbatasan skala daya tangkap foto udara serta biaya akuisisi yang mahal menjadi kelemahan lain dari metode foto udara *hyperspectral*. CSRT dapat menjadi solusi alternatif yang lebih murah dan efisien dengan memanfaatkan klasifikasi berbasis objek. Wilayah perkotaan memiliki objek yang lebih beragam sehingga klasifikasi objek dinilai lebih efisien untuk memisahkan objek-objek yang memiliki nilai piksel serupa seperti jalan, pedestrian, dan juga atap rumah. CSRT memiliki band yang lebih sedikit namun resolusi yang sangat tinggi sehingga sangat baik untuk dimanfaatkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode klasifikasi *Object-Based Image Analysis* (OBIA) terbukti efektif dalam memetakan dan mengidentifikasi jenis atap bangunan di Kelurahan Ciumbuleuit dengan tingkat akurasi mencapai 87%. Hal ini menunjukkan bahwa metode OBIA menggunakan citra satelit Pleiades Resolusi tinggi dapat diandalkan untuk pemetaan tutupan atap di daerah rawan gempa bumi. Hasil klasifikasi menunjukkan terdapat empat jenis material atap yang teridentifikasi di Kelurahan Ciumbuleuit dengan total luas area tutupan atap 102,3 ha yang terdiri dari genteng seluas 52,2 ha (51,1%), asbes seluas 21,7 ha (21,2%), beton seluas 20 ha (19,6%) dan seng seluas 8,4 ha (8,1%).

Penggunaan atap asbes di Kelurahan Ciumbuleuit yang mencapai 21,2% dari total luas tutupan atap menimbulkan kekhawatiran serius mengingat lokasi kelurahan yang berada di zona rawan gempa karena dekat dengan Sesar Lembang. Karakteristik asbes yang mudah pecah menjadi perhatian utama karena saat terjadi guncangan dan potensi terpapar debu asbes yang sangat berbahaya bagi kesehatan pernapasan penduduk jika terjadi gempa. Penggunaan atap asbes juga bertentangan dengan kebijakan Pemerintah Kota Bandung mengenai larangan penggunaan asbes sebagai bahan bangunan yang tertuang pada Pasal 77 Perda

Nomor 14 Tahun 2018 tentang Bahan Bangunan. Hasil penelitian ini mengindikasikan perlunya upaya lebih lanjut dari pemerintah setempat dalam mengurangi penggunaan atap asbes di wilayah ini secara bertahap. Di sisi lain perlu mendorong penggunaan material atap lain yang lebih aman dan tahan gempa, serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bahaya asbes di daerah rawan gempa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan suatu perjalanan yang berharga bagi penulis, oleh sebab itu kami mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada pihak yang sudah memberikan dorongan dan motivasi baik dalam bentuk bantuan saran dan masukan yang sangat berguna bagi kami dalam meningkatkan kualitas penyusunan *paper* yang berjudul "Pemanfaat Citra Satelit Resolusi Tinggi (CSRT) untuk Pemetaan atap asbes pada daerah Rawan Gempa Bumi"

Terimakasih dan apresiasi yang sebesar – besarnya kepada tim penulis yang sudah berusaha keras dalam menyusun dan merumuskan *paper* ini sehingga dapat terealisasi dan selesai tepat waktu. Desikasi dan kerja keras tim penulis. Kami juga mengucapkan terimakasih banyak kepada Pihak Badan Informasi Geospasial (BIG) selaku penyelenggara Jurnal Ilmiah Geomatika yang telah memberikan kesempatan juga wadah bagi kami untuk menuangkan ide dalam bentuk karya tulis ini serta berpartisipasi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang geospasial.

Kami menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk meningkatkan kualitas penelitian kami di masa yang akan datang. Harapan kami semoga *paper* ini dapat bermanfaat bagi pengemban ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang geospasial, khususnya dalam upaya meminimalisir penggunaan asbes pada daerah rawan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaazi, D. A., & Aganah, G. A. M. (2020). Understanding the slum–health conundrum in sub-Saharan Africa: a proposal for a rights-based approach to health promotion in slums. *Global Health Promotion*, 27(3), 65–72.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (n.d.). *Metodologi* Inarisk. <https://inarisk.bnpb.go.id/metodologi>
- Bassani, C., Cavalli, R. M., Cavalcante, F., Cuomo, V., Palombo, A., Pascucci, S., & Pignatti, S. (2007). Deterioration status of asbestos-cement roofing sheets assessed by analyzing hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment*, 109(3), 361–378. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.01.014>

- Chirici, G., Mura, M., McInerney, D., Py, N., Tomppo, E. O., Waser, L. T., Travaglini, D., & McRoberts, R. E. (2016). A meta-analysis and review of the literature on the k-Nearest Neighbors technique for forestry applications that use remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 176, 282–294.
- Daryono, M. R., Natawidjaja, D. H., Sapiie, B., & Cummins, P. (2019). Earthquake geology of the lembang fault, West Java, Indonesia. *Tectonophysics*, 751, 180–191.
- Dimiskovska, B. (2010). Environmental risks due to debris containing asbestos in post-earthquake conditions. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 45, 299–306.
- Farizkhar, Somantri, L., & Himayah, S. (2022). Pemanfaatan Object-Based Image Analysis (OBIA) pada Citra SPOT-6 untuk Identifikasi Jenis Penutup Lahan Vegetasi di Kota Bogor . *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 7(1 SE-Articles), 53–61. <https://doi.org/10.21067/jpig.v7i1.6546>
- Fiumi, L., Congedo, L., & Meoni, C. (2014). Developing expeditious methodology for mapping asbestos-cement roof coverings over the territory of Lazio Region. *Applied Geomatics*, 6(1), 37–48. <https://doi.org/10.1007/s12518-014-0124-1>
- Frassy, F., Candiani, G., Rusmini, M., Maianti, P., Marchesi, A., Nodari, F. R., Via, G. D., Albonico, C., & Gianinetto, M. (2014). Mapping asbestos-cement roofing with hyperspectral remote sensing over a large mountain region of the Italian western alps. *Sensors (Switzerland)*, 14(9), 15900–15913. <https://doi.org/10.3390/s140915900>
- Gibril, M. B. A., Shafri, H. Z. M., & Hamedianfar, A. (2017). New semi-automated mapping of asbestos cement roofs using rule-based object-based image analysis and Taguchi optimization technique from WorldView-2 images. *International Journal of Remote Sensing*, 38(2), 467–491. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1266109>
- James, D., Collin, A., Mury, A., & Costa, S. (2020). Very high resolution land use and land cover mapping using pleiades-1 stereo imagery and machine learning. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 675–682.
- Krówczynska, M., Wilk, E., Pabjanek, P., Zagajewski, B., & Meuleman, K. (2016). Mapping asbestos-cement roofing with the use of APEX hyperspectral airborne imagery: Karpacz area, Poland - A case study. *Miscellanea Geographica*, 20(1), 41–46. <https://doi.org/10.1515/mgrsd-2016-0007>
- Local Initiative for Occupational Safety and Health (LION). (2023). *Pengendalian risiko asbes di wilayah bencana: Panduan bagi organisasi kemanusiaan*. <https://lionindonesia.org/buku-dan-modul/2024/06/09/buku-pengendalian-risiko-asbes-panduan-untuk-organisasi-kemanusiaan/>
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi. (1980). Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi No. PER.01/MEN/1980 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Konstruksi Bangunan. *Peraturan Menteri 01*, 2(1), 1–22.
- Nalendra, A. R. A., Rosalinah, Y., Priadi, A., Subroto, I., Rahayuningsih, R., Lestari, R., Kusumandari, S., Yuliasari, R., Astuti, D., & Latumahina, J. (2021sha). *Statistika seri dasar dengan SPPS*.
- Panagiotakis, E., Chrysoulakis, N., Charalampopoulou, V., & Poursanidis, D. (2018). Validation of Pleiades Tri-Stereo DSM in urban areas. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(3), 118.
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (OLI) di Kabupaten Sumedang (land cover classification using landsat 8 operational land imager (OLI) data in Sumedang Regency). *Jurnal Teknotan*, 10(2), 1067–1978.
- Shang, M., Wang, S., Zhou, Y., Du, C., & Liu, W. (2019). Object-based image analysis of suburban landscapes using Landsat-8 imagery. *International Journal of Digital Earth*, 12(6), 720–736.
- Taherzadeh, E., & Shafri, H. Z. M. (2013). Development of a Generic Model for the Detection of Roof Materials Based on an Object-Based Approach Using WorldView-2 Satellite Imagery. *Advances in Remote Sensing*, 02(04), 312–321. <https://doi.org/10.4236/ars.2013.24034>
- Thamrin, M. T., & Mukhlis, A. (2014). Dampak Radiologis Pelepasan Serat Asbes. *IPTEK Ilmiah Populer*, 6(2), 67–76.
- Thoriq Fajar Setiawan, Filza Aziza, Riski Kadriansari, Agung Pamungkas, Haris Yusron, & Sulton Amil Muhammad. (2019). *Perkembangan citra satelit tegak resolusi sangat tinggi*. 21.
- Walikota Bandung. (2018). *Perda Kota Bandung no 14-2018 tentang Bangunan Gedung*. 6, 173.
- Widipaminto, A., Hestrio, Y. F., Safitri, Y. D., Monica, D., Irawadi, D., Rokhmatuloh, R., Triyono, D., & Adiningsih, E. S. (2021). Roof materials identification based on pleiades spectral responses using supervised classification. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(2), 690–704.
- World Health Organization. (2018). *Asbestos: elimination of asbestos-related diseases*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asbestos-elimination-of-asbestos-related-diseases>
- Yin, J., Dong, J., Hamm, N. A. S., Li, Z., Wang, J., Xing, H., & Fu, P. (2021). Integrating remote sensing and geospatial big data for urban land use mapping: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102514.

Halaman ini sengaja kami kosongkan