

Identifikasi atap asbes menggunakan metode *spectral angle mapper* citra planetscope (Studi di Kawasan Bandung Utara)

Achmad Fadhilah ^{a, 1*}, Garda Asa Muhammad ^{a, 2}, Sandra Tiana ^{a, 3}, Riskiya Wigunati ^{a, 4}

^a Sains Informasi Geografi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

¹ achmadfadhilah@upi.edu; gardaasamuhammad@upi.edu; sandratiana@upi.edu; riskiyawigunati14@upi.edu

*korespondensi penulis

Informasi artikel	ABSTRAK
<p><i>Sejarah artikel</i></p> <p>Diterima : 28 Januari 2025</p> <p>Revisi : 30 Mei 2025</p> <p>Dipublikasikan : 31 Mei 2025</p> <p>Kata kunci:</p> <p>Atap asbes</p> <p>Spectral Angle Mapper (SAM)</p> <p>Citra Planetscope</p>	<p>Beberapa negara telah melakukan pemetaan dan monitoring penggunaan asbes dengan berbagai metode, salah satunya melalui pemanfaatan citra penginderaan jauh. Penggunaan atap asbes di Indonesia masih tinggi karena faktor ekonomi, meskipun berisiko terhadap kesehatan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi atap asbes menggunakan metode Spectral Angle Mapper (SAM) berbasis citra Planetscope, sebagai alternatif pemantauan berbasis penginderaan jauh. Metode SAM mengklasifikasikan objek berdasarkan kemiripan spektral antar saluran citra. Penelitian dilakukan di Kawasan Bandung Utara dengan skenario kombinasi jumlah saluran dan sudut spektral berbeda. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi seluruh saluran (<i>fullband</i>) dengan sudut <i>spectral</i> 0,05 rad menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 68% dengan nilai kappa 0,63, serta luasan atap asbes teridentifikasi mencapai 439.749 m². Penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan saluran dan besaran <i>spectral angle</i> mempengaruhi hasil identifikasi dan tingkat akurasi.</p>
<p>Keywords:</p> <p>Asbestos roof</p> <p>Spectral Angle Mapper (SAM)</p> <p>Planetscope imagery</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Several countries have mapped and monitored asbestos use using various methods, one of which is through the use of remote sensing imagery. The use of asbestos roofing in Indonesia remains high due to economic factors, despite the health risks involved. This study aims to identify asbestos roofs using the Spectral Angle Mapper (SAM) method based on Planetscope imagery, as an alternative to remote sensing-based monitoring. The SAM method classifies objects based on spectral similarity between image channels. The study was conducted in the North Bandung area with different combinations of channel numbers and spectral angles. The results showed that the combination of all channels (<i>fullband</i>) with a spectral angle of 0.05 rad produced the highest accuracy of 68% with a kappa value of 0.63, and the identified area of asbestos roofing reached 439,749 m². This study shows that the selection of channels and spectral angle values affects the identification results and their accuracy levels. asbestos roof identified is 439.749 m². This study shows that band selection and spectral angle value affect identification results and accuracy level.</p>

© 2025 (Fadhilah dkk). All Right Reserved

Pendahuluan

Asbes telah lama digunakan sebagai material atap bangunan di Indonesia. Sejak tahun 1950, asbes diimpor secara legal ke Indonesia. Penggunaan meningkat pesat dari 20.000 ton pada tahun 1980-an menjadi 50.000 ton pada tahun 1990-an dan kemudian menjadi 150.000 ton pada tahun 2000-an ([Dwi Lestari dkk., 2023](#)). Dari 164 negara yang masih menggunakan asbes, Indonesia berada di peringkat ke-12 (Inaban, 2018). Penggunaan asbes sebagai bahan utama untuk atap rumah mencapai 9,42% pada tahun 2021 dan meningkat menjadi 10,08% pada tahun 2022 ([Lion Indonesia, 2023](#)). Alasan utama penggunaan asbes di Indonesia hingga saat ini adalah faktor ekonomi. Asbes sering ditemukan di pasaran dalam bentuk bahan bangunan yang biasanya digunakan sebagai langit-langit atau plafon di rumah, dinding partisi atau penyekat ruangan, dan penutup dinding. Asbes juga banyak digunakan sebagai atap rumah atau bangunan, terutama untuk rumah sederhana dan rumah sangat sederhana (RS/RSS) dalam bentuk papan ([Thamrin & Mukhlis, 2014](#)).

Serat asbes yang terlepas ke udara sangat berbahaya karena ukurannya yang kecil dan halus dapat terhirup dan masuk ke dalam paru-paru, meningkatkan risiko berbagai penyakit serius seperti kanker paru-paru, mesothelioma, asbestosis, dan kelainan pleura. Partikel serat asbes yang terhirup manusia dalam dapat menyebabkan iritasi, luka ringan dan berat pada organ pernafasan ([Desdiani, 2023](#)). Di Indonesia, lebih dari 1.600 orang meninggal setiap tahun karena penyakit terkait asbes, 82% darinya disebabkan kanker paru-paru, dan 14% adalah mesothelioma. Jika penggunaan asbes di Indonesia terus berlanjut, jumlah kematian diperkirakan akan meningkat menjadi sekitar 3.000 pada tahun 2040 ([Inaban, 2023](#)).

Upaya pemantauan dapat membantu mengidentifikasi risiko kesehatan terkait paparan serat asbes. Pemetaan atap asbes penting dilakukan agar dapat mengetahui tingkat risiko dan upaya pencegahannya. Namun, pemetaan

dengan metode konvensional melalui survei lapangan membutuhkan tenaga, biaya, dan tenaga yang banyak. Tenaga survei lapangan juga memiliki risiko terkena paparan asbes ketika melakukan pendataan. Salah satu langkah awal untuk mitigasi masalah kesehatan yang diakibatkan oleh asbes adalah dengan mengidentifikasi sebaran atap asbes menggunakan citra penginderaan jauh ([Gil dkk., 2023](#)). Untuk itu, diperlukan metode pemetaan berbasis penginderaan jauh agar pemantauan penggunaan atap asbes dapat dilakukan secara efektif dan aman.

Teknologi penginderaan jauh berkembang pesat seiring penggunaannya di berbagai bidang untuk memetakan dan mengidentifikasi fenomena spasial. Proses akuisisi data mengenai permukaan bumi menjadi lebih cepat, hemat biaya, dan tenaga. Citra penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk memetakan jenis atap bangunan seperti asbes. Citra penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan lokasi-lokasi atap asbes dengan cepat dan akurat ([Cilia dkk., 2015](#)). Luaran dari pemanfaatan penginderaan jauh berupa peta sebaran asbes dapat digunakan sebagai pertimbangan pengelolaan risiko kesehatan masyarakat terkait paparan asbes.

Penelitian sebelumnya tentang identifikasi atap asbes dengan penginderaan jauh umumnya dilakukan di negara maju menggunakan citra hiperspektral atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Di Indonesia, kajian yang memanfaatkan citra Planetscope dan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) masih sangat terbatas, terutama dalam konteks kawasan urban tropis yang kompleks.

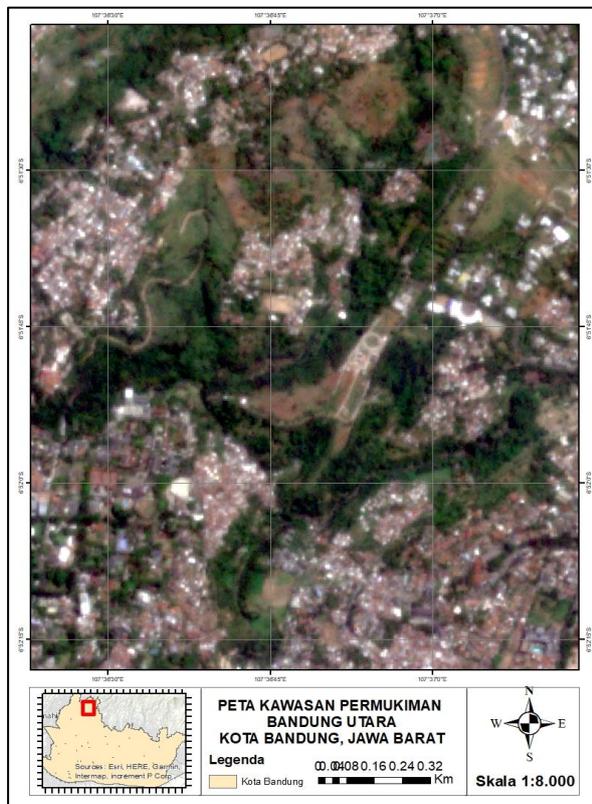
Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini berusaha mengidentifikasi atap asbes menggunakan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) dari citra Planetscope. Metode SAM digunakan untuk mengidentifikasi atap asbes berdasarkan besarnya sudut spektral (*spectral angle*) sebaran nilai piksel pada ruang fitur (*feature space*) dari dimensi yang dibentuk oleh

dua atau lebih saluran citra. Penelitian ini menggunakan citra Planetscope yang memiliki resolusi spasial 3 meter dan 8 saluran multispektral, yaitu: *coastal blue*, *blue*, *green1*, *green2*, *yellow*, *red*, *red edge*, dan *near infrared* (NIR).

Metode

(1) Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini difokuskan di Kawasan Bandung Utara, Kota Bandung, Jawa Barat. Kawasan Bandung Utara ini dibatasi oleh garis kontur 750 m di atas permukaan laut (dpl) yang secara geografis nya terletak di antara $107^{\circ} 27' - 107^{\circ}$ Bujur Timur, $06^{\circ} 44' - 06^{\circ} 55'$ Lintang Selatan. Kota Bandung merupakan salah satu kota di Indonesia yang melarang penggunaan asbes sebagai atap bangunan melalui Peraturan Daerah Kota Bandung No. 14 Tahun 2018 tentang Bangunan Gedung ([Pemerintah Kota Bandung, 2018](#)). Meskipun sudah dilarang, atap asbes masih banyak digunakan terutama di kawasan perkampungan dan perubahan bersubsidi. Salah satunya berada di Kawasan Bandung Utara seperti pada.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Kawasan Bandung Utara, Kota Bandung, Jawa Barat.

Kawasan Bandung Utara memiliki fungsi dan peranan penting dalam menjamin keberlanjutan perkembangan kehidupan di Cekungan Bandung. Area penelitian ini berupa kawasan berbetuk persegi panjang berukuran $4 \times 3,5$ km seperti yang terlampir pada [gambar 1](#). Pemilihan bentuk area tersebut dimaksudkan agar lebih memudahkan pada saat pengolahan citra karena penelitian bersifat eksperimental.

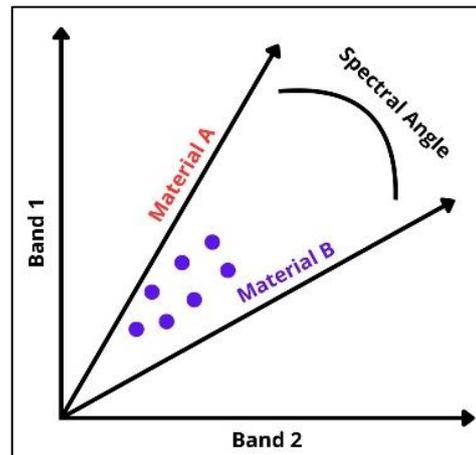
(2) Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan citra Planetscope dari Planet Labs. Planetscope merupakan citra yang dihasilkan oleh konstelasi 3 satelit, yaitu: DoveClassic, Dove-R, dan SuperDove ([Roy dkk., 2021](#)). Citra ini memiliki resolusi spasial 3 meter dan 8 (delapan) saluran multispektral, yaitu: *coastal blue*, *blue*, *green1*, *green2*, *yellow*, *red*, *red edge*, dan *near infrared* dengan rincian spesifikasi pada [tabel 1](#). Citra direkam pada tanggal 31 Agustus 2024. Level produk citra yang digunakan adalah level 3B *surface reflectance* yang sudah terkoreksi atmosfer dan geometrik orbit satelit (Planet Labs PBC, 2023). Citra juga sudah terproyeksi sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM). Citra yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh secara gratis melalui portal Planet.com menggunakan *lisensi academic users*. Penggunaan citra Planetscope ini dalam rangka memanfaatkan citra multispektral jenis baru yang belum pernah digunakan sebelumnya dalam pemetaan atap asbes. Penelitian sebelumnya menggunakan beberapa jenis citra multispektral dengan resolusi spasial tinggi (dibawah 5 meter), seperti: citra Worldview-2, Worldview-2, dan IKONIS-II. Pemilihan cita multispektral dalam memetakan asbes bertujuan untuk mengatasi dimensionalitas data yang tinggi pada citra hiperspektral ([Abbasi dkk., 2022](#)).

Seluruh proses analisis dan identifikasi atap asbes menggunakan *tool spectral angle mapper* (SAM) yang terdapat pada software ENVI 5.2 Classic (32 bit). Proses tata letak peta dilakukan menggunakan aplikasi ArcGIS Pro 3.2.

Tabel 1. Spesifikasi citra PlanetScope

Band	Nama Saluran	Resolusi spasial (m)	Panjang gelombang (nm)
B1	Ocean Blue	3	431-452
B2	Blue	3	465-515
B3	Green_i	3	513-549
B4	Green	3	547-583
B5	Yellow	3	600-630
B6	Red	3	650-680
B7	Red edge	3	697-713
B8	NIR	3	845-885



Gambar 2. Konsep spectral angle mapper (SAM)

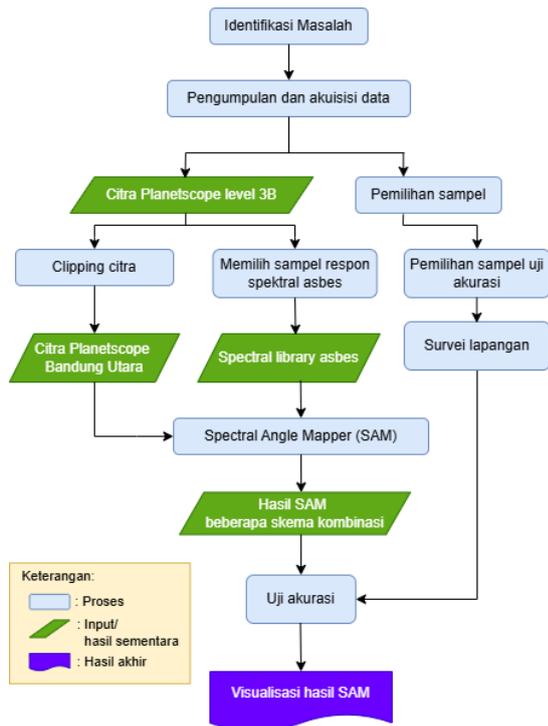
Penelitian ini menggunakan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM). Metode SAM merupakan metode klasifikasi citra yang didasarkan pada besar sudut vektor ruang fitur (*feature space*) dari pustaka spektral acuan suatu kelas objek pada ruang dimensi dari dua saluran atau lebih (Talukdar dkk., 2020). Pustaka spektral acuan diperoleh dari pengukuran respon spektral di laboratorium atau langsung dari citra (Shivakumar & Rajashekaradhy, 2017). Sekumpulan nilai piksel yang masuk dalam sudut spektral dari pustaka spektral acuan akan diklasifikasi sebagai kelas objek tertentu seperti pada gambar 2. Banyaknya piksel yang terklasifikasi sebagai suatu kelas tergantung dari besarnya sudut spektral pada ruang fitur dan saluran yang digunakan. Sudut vektor yang lebih kecil menunjukkan kesamaan spektral yang lebih tinggi, sehingga material yang memiliki komposisi spektral serupa dapat diidentifikasi secara akurat (Shaik dkk., 2022). dimana, n merupakan jumlah saluran citra, f merupakan nilai respon spektral objek pada citra, dan g merupakan nilai respon spektral acuan pada panjang gelombang tertentu. Secara matematis, metode SAM dihitung dengan rumus pada persamaan 1 berikut:

$$\cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n (f_i \cdot g_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n f_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n g_i^2}} \right)$$

Persamaan 1. Rumus *Spectral Angle Mapper* (Raghavendra dkk., 2018)

Metode SAM banyak digunakan dalam berbagai bidang, antara lain: pemetaan tutupan lahan, identifikasi mineral, dan deteksi vegetasi. Metode ini memiliki kelebihan pada ketahanan terhadap efek iluminasi cahaya yang diterima objek karena bergantung pada sudut spektral pada ruang dimensi saluran citra (Christovam dkk., 2019). Kelebihan tersebut dapat meningkatkan hasil klasifikasi yang lebih akurat.

Penelitian ini mengambil respon spektral acuan (*endmember*) material asbes dari citra PlanetScope. Respon spektral acuan ini digunakan sebagai dasar identifikasi atap asbes pada ruang dimensional yang terbentuk dari saluran-saluran citra PlanetScope. Sebaran nilai dari piksel-piksel mengandung asbes akan dihitung tingkat kemiripannya dengan respon spektral acuan pada besar sudut tertentu. Piksel-piksel dalam ruang dimensional antar saluran yang masuk dalam jangkauan sudut spektral akan diklasifikasikan sebagai objek asbes. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menggunakan beberapa skema klasifikasi SAM untuk mendapatkan kombinasi yang optimal antara besarnya sudut spektral dengan jumlah dan jenis saluran yang digunakan.

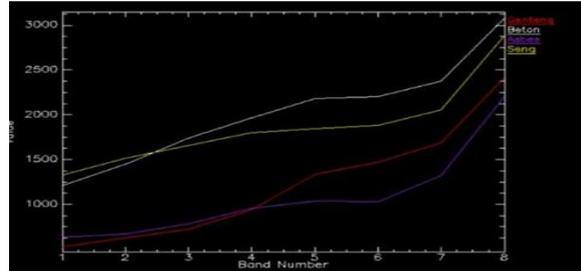


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Sebelum melakukan analisis SAM, proses identifikasi respon spektral dari beberapa jenis dilakukan untuk mendapat informasi pustaka spektral (*spectral library*). Analisis respon spektral dilakukan untuk mengetahui tingkat reflektansi tertinggi dari objek asbes pada citra Planetscope. Langkah ini perlu dilakukan untuk memilih saluran-saluran yang digunakan untuk proses klasifikasi SAM (lihat [gambar 3](#)). Jenis atap yang diidentifikasi respon spektralnya, yaitu: asbes, seng, genteng, dan beton.

Pada dasarnya, respon spektral asbes mencapai puncak reflektansi tertinggi pada panjang gelombang $1.385 \mu\text{m}$ yang tergolong pada spektrum inframerah gelombang pendek (Shortwave Infrared/SWIR) ([Bellagamba dkk., 2025](#)). Namun, citra Planetscope tidak memiliki saluran SWIR sehingga perlu dilakukan analisis terhadap respon spektral asbes langsung dari saluran yang tersedia (8 saluran). Selanjutnya, analisis SAM dengan beberapa skema kombinasi antara besar sudut spektral dengan saluran yang digunakan. Skema 1 menggunakan saluran 5,6,7, dan 8. Saluran-saluran tersebut memiliki respon

berbeda pada beberapa jenis atap seperti: asbes, seng, beton, dan genteng (lihat [gambar 4](#)).



Gambar 4. Respon spektral beberapa jenis atap

Tampak pada [gambar 4](#), saluran 5 hingga 8 masing-masing jenis atap memiliki respon spektral yang berbeda. Besarnya sudut spektral yang digunakan adalah 0,03, 0,04, dan 0,05 rad. Skema 2 menggunakan seluruh saluran citra Planetscope dari saluran 1 sampai 8. Besar sudutnya juga terdiri atas 0,03, 0,04, dan 0,05 rad (lihat [tabel 2](#)).

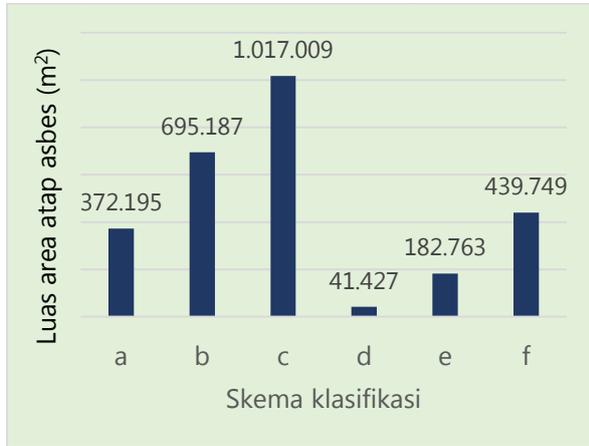
Tabel 2. Skema identifikasi atap asbes menggunakan metode SAM

Skema	Kombinasi saluran	Besar sudut spektral (rad)
a	5,6,7,8	0,03
b	5,6,7,8	0,04
c	5,6,7,8	0,05
d	Fullband	0,03
e	Fullband	0,04
f	Fullband	0,05

Hasil

Berdasarkan analisis, proses identifikasi atap asbes menggunakan metode SAM menghasilkan total luasan atap asbes yang berbeda pada tiap skema identifikasi. Skema a yang menggunakan saluran 5678 dan sudut spektral 0,03 rad mengidentifikasi atap asbes seluas 372.195 m^2 . Skema b menggunakan saluran 5678 dan sudut spektral 0,04 rad mengidentifikasi asbes seluas 695.187 m^2 . Sementara, perpaduan saluran 5678 (skema c) dengan sudut spektral 0,05 rad menghasilkan luasan atap asbes sebesar $1.017.009 \text{ m}^2$. Selanjutnya, skema d, e, dan f yang menggunakan seluruh saluran (*fullband*) citra

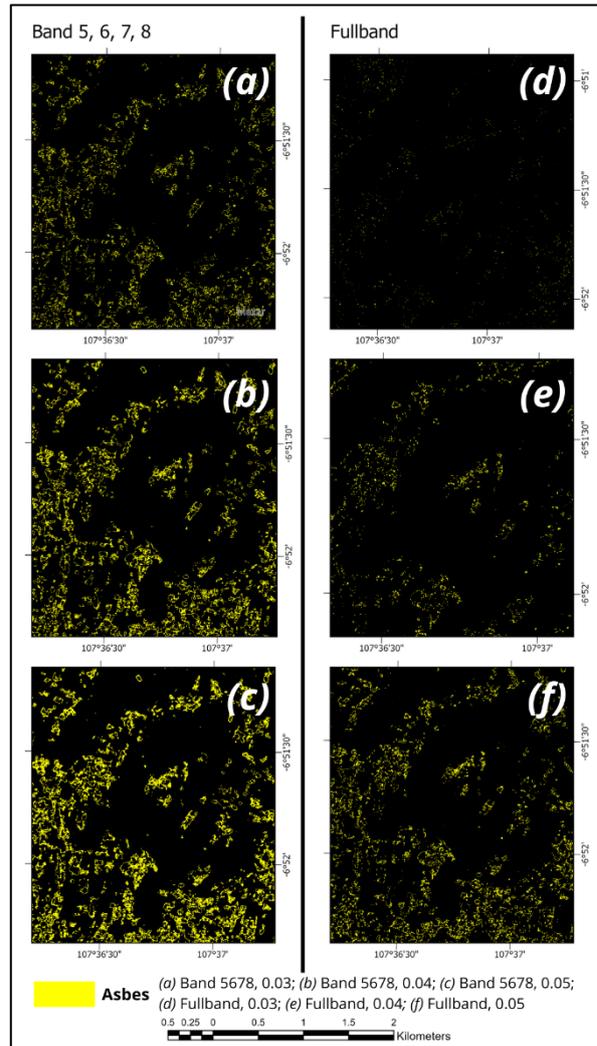
Planetscope dan sudut spektral 0,03 hingga 0,05 masing-masing mengidentifikasi atap asbes seluas: 41.427 m², 182.763 m², dan 439.749 m². Luas dan asil identifikasi atap asbes masing-masing skema dapat dilihat pada [gambar 5](#) dan [6](#).



Gambar 5. Grafik luas atap asbes berdasarkan skema klasifikasi SAM

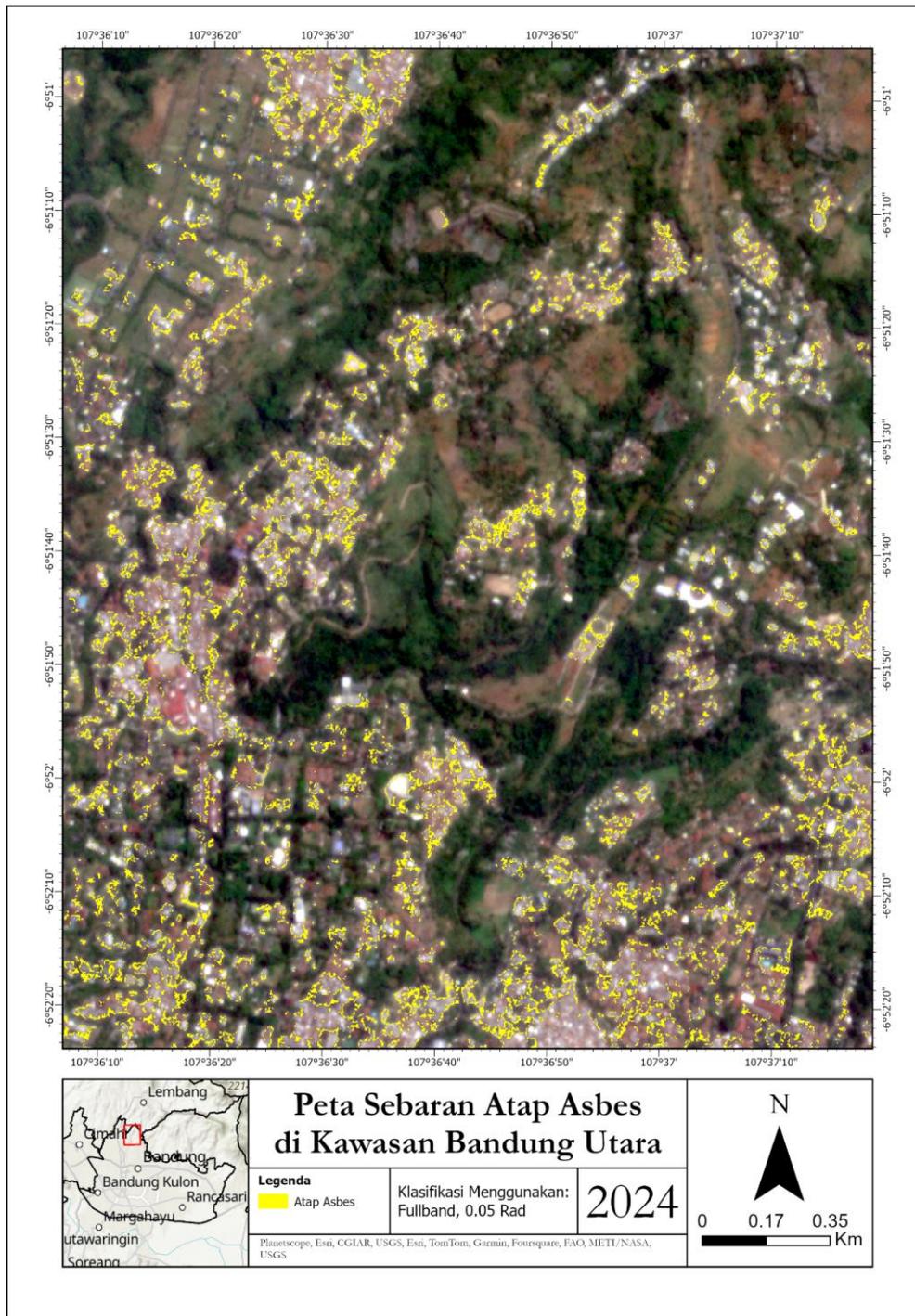
Berdasarkan grafik pada gambar 5, dapat diketahui bahwa kombinasi antara saluran 5678 dengan sudut spektral 0,03 hingga 0,05 rad menghasilkan area asbes yang lebih luas daripada kombinasi *fullband*. Hal tersebut dapat disebabkan oleh respon spektral pada keempat saluran (5678) yang lebih tinggi daripada saluran 1234 sehingga lebih sensitif terhadap objek asbes. Penyebab lain adalah adanya *overclassification* karena penggunaan sudut spektral yang terlalu besar sehingga tingkat toleransi kemiripan dengan respon spektral acuan menjadi lebih tinggi.

Tampak pada [gambar 6](#), besarnya sudut spektral menentukan hasil identifikasi dan luas atap asbes secara spasial. Begitu juga kombinasi saluran yang digunakan antara kombinasi 5678 dan seluruh saluran menghasilkan sebaran dan luas atap asbes yang berbeda.



Gambar 6. Hasil SAM dengan beberapa skema

Secara visual seperti pada gambar 7, atap asbes di kawasan Bandung Utara menyebar secara acak dan bercampur dengan jenis atap lainnya. Hal tersebut dapat dipahami bahwa pada penggunaan material atap kawasan tersebut masih cukup banyak terutama di kawasan perkampungan dan perumahan bersubsidi. Sementara itu, penggunaan atap jenis lain seperti genteng dan metal roof umumnya terdapat di kawasan perumahan yang sedang berkembang di Kawasan Bandung Utara.



Gambar 7. Hasil SAM skema *fullband* dan sudut spektral 0,05 rad

Pembahasan

Berdasarkan hasil klasifikasi SAM, terdapat perbedaan luasan dan sebaran atap asbes dari setiap skema. Untuk itu, perlu dilakukan proses uji akurasi untuk mengetahui skema klasifikasi yang paling optimal. Proses uji akurasi juga dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat hasil identifikasi atap asbes menggunakan metode

SAM dengan kondisi nyata di lapangan. Uji akurasi dalam penelitian ini menggunakan metode *confusion matrix*. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 50 sampel, terdiri atas 25 sampel atap asbes dan 25 sampel atap non asbes (genteng). Nilai akurasi diperoleh dari akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) dan nilai kappa.

Berdasarkan uji akurasi, nilai akurasi keseluruhan tertinggi diperoleh dari skema 6 yakni

kombinasi fullband dan sudut spektral 0,05 rad yaitu sebesar 68% dengan nilai kappa sebesar 0,63. Nilai akurasi terkecil diperoleh dari skema 1 dan 2 yaitu kombinasi saluran 5678 dengan sudut spektral 0,03 dan 0,04 yang menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 44% dengan nilai kappa 0,36. Dari 6 skema identifikasi SAM, dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut spektral, maka semakin baik hasil uji akurasi. Begitu juga dengan jumlah saluran yang digunakan. Penggunaan seluruh saluran citra Planetscope menghasilkan akurasi yang lebih baik daripada hanya menggunakan saluran 5678 (lihat [tabel 3](#)).

Tabel 3. Hasil uji akurasi *confusion matrix*

Band	Sudut spektral (rad)					
	0,03		0,04		0,05	
	OA (%)	CI	OA (%)	CI	OA (%)	CI
(1)	44	0,36	44	0,36	50%	0,43
(2)	52	0,45	56	0,56	68%	0,63

Ket:

(1); band 5678

(2); seluruh band (band 1-8)

OA: overall accuracy/akurasi keseluruhan

CI: kappa index/nilai kappa

Uji akurasi menunjukkan hasil nilai akurasi yang relatif rendah (dibawah 80%). Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor yang pertama adalah citra Planetscope yang digunakan hanya memiliki 8 saluran dengan julat (*range*) panjang gelombang yang lebar. Metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) umumnya diterapkan pada citra hiperspektral yang memiliki ratusan saluran dengan julat panjang gelombang yang sempit. Pemilihan julat panjang gelombang yang tepat pada citra hiperspektral dapat secara spesifik mengidentifikasi objek tertentu sesuai sensitifitas respon spektral objeknya. Sementara itu, citra multispektral seperti Planetscope tidak dapat dilakukan pemilihan rentang panjang gelombang yang spesifik sehingga sulit membedakan material atap.

Faktor kedua adalah respon spektral dari atap asbes memiliki kemiripan dengan atap jenis lain seperti seng dan beton. Panjang gelombang yang lebar dari citra Planetscope menyebabkan sulit untuk membedakan beberapa jenis atap secara spesifik yang memiliki kemiripan respon spektral. Faktor ketiga adalah penelitian ini bersifat eksperimental (*trial and error*) yang perlu mencoba berbagai kombinasi saluran citra yang digunakan dengan besaran sudut spektral hingga diperoleh akurasi yang baik. Faktor terakhir adalah penelitian ini tidak menggunakan data pengukuran *spectral signature* dari spektrometer lapangan, tetapi hanya menggunakan informasi respon spektral dari citra Planetscope. Informasi respon spektral dari citra multispektral masih kurang jika dibanding dengan respon spektral dari data spektrometer lapangan.

Diskusi

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Bandung Utara dengan menggunakan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) dengan menggunakan Citra Planetscope untuk mengidentifikasi atap berbahan asbes. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya bahwa tentu lokasi penelitian yang dilakukan ini berbeda tempat. Lalu penggunaan citra pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan citra multispektral berbeda dengan penelitian terdahulu yang menggunakan citra hiperspektral.

Hubungan dengan penelitian terdahulu ([Brand, 2012](#)) menunjukkan bahwa SAM adalah metode yang efektif dalam klasifikasi material atap dengan respon spektral yang kuat. Studi tersebut dilakukan di Kota Karlsruhe, Jerman, menggunakan citra hiperspektral HyMap dan metode SAM untuk mengklasifikasikan atap bangunan dalam berbagai material, menunjukkan bahwa SAM mampu mempertahankan akurasi cukup tinggi yakni sebesar 70,48% dalam pengelompokan material yang memiliki kemiripan spektral yang rendah. Penelitian lainnya ([Fiumi dkk., 2012](#)) melakukan identifikasi atap asbes di pinggiran Kota Roma Italia dengan menggunakan

metode SAM pada citra hiperspektral MIVIS dengan akurasi keseluruhan mencapai 94,3%. [Cilia et al. \(2015\)](#) dan [Frassy et al. \(2014\)](#) juga menggunakan citra MIVIS dan metode SAM untuk mengidentifikasi atap asbes di Italia. Masing-masing menghasilkan tingkat akurasi sebesar 87,5% dan 80-90%.

Metode SAM yang dilakukan [Fiumi et al. \(2012\)](#), [Cilia et al. \(2015\)](#) dan [Frassy et al. \(2014\)](#) didasarkan pada data *spectral signature* asbes yang diperoleh dari pengukuran lapangan menggunakan spektrometer sehingga menghasilkan akurasi yang tinggi. Keuntungan SAM terletak pada kemampuannya menangani variasi cahaya, yang sering ditemukan pada atap di perkotaan, namun beberapa penelitian lain menyarankan bahwa integrasi data tambahan seperti data elevasi dapat meningkatkan akurasi lebih lanjut dengan mengurangi keraguan antar material. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan SAM di lokasi-lokasi berbeda dengan karakteristik urban serupa, baik di Kawasan Bandung Utara, Karlsruhe, maupun Roma dapat memberikan pemetaan material atap yang cukup akurat. Studi identifikasi atap asbes di Kawasan Bandung Utara ini memberikan alternatif untuk pemantauan penggunaan asbes di Indonesia yang masih terbatas, meskipun regulasi yang sudah diterapkan.

Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa metode *spectral angle mapper* dapat menjadi salah satu metode yang cukup baik untuk menginterpretasi jenis atap jika dibandingkan dengan jenis citra yang cocok dan kombinasi *spectral angle* yang sesuai. Kombinasi saluran juga sangat mempengaruhi proses interpretasi karena tiap material memiliki respon spektral yang berbeda terhadap saluran yang dipancarkan. Dari hasil akhir yang telah diolah dan diuji akurasinya, didapatkan bahwa kombinasi seluruh saluran dengan *spectral angle* 0,05 memiliki hasil yang paling akurat yaitu sebesar 63%. Penelitian ini memiliki limitasi pada jumlah skema klasifikasi SAM, yaitu hanya menggunakan

6 kombinasi saluran dengan sudut spektral. Respon spektral acuan juga hanya menggunakan sampel nilai spektral pada piksel citra. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menemukan kombinasi saluran dan *spectral angle* yang lebih akurat. Respon spektral acuan (*spectral library*) juga perlu menggunakan hasil pengukuran langsung pada objek asbes menggunakan spektrometer. Metode lain juga perlu diterapkan pada citra PlanetScope untuk dapat dibandingkan hasil klasifikasinya. Dapat disimpulkan citra PlanetScope cukup baik untuk mendeteksi sebaran atap asbes.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Planet Labs yang telah memberikan akses gratis pengunduhan citra PlanetScope melalui planet.com yang digunakan dalam penelitian ini.

Referensi

- Abbasi, M., Mostafa, S., Vieira, A. S., Patorniti, N., & Stewart, R. A. (2022). Mapping Roofing With Asbestos-Containing Material by Using Remote Sensing Imagery and Machine Learning-Based Image Classification: A State-of-the-Art Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14138068>
- Bellagamba, S., Malinconico, S., Bonifazi, G., Taddei, D., Lonigro, I., Paglietti, F., Serranti, S., & Aurigemma, A. (2025). Mapping Asbestos-Cement Roofing by Remote Sensing: An Overview of Methodologies and Technologies. In R. M. Abdalla (Ed.), *Exploring Remote Sensing*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1007123>
- Brand, S. (2012). *Roof Surface Classification with Hyperspectral and Laser Scanning Data – An Assessment of Spectral Angle Mapper and Support Vector Machines*. 1999, 475–484.
- Christovam, L. E., Pessoa, G. G., Shimabukuro, M. H., & Galo, M. L. B. T. (2019). Land use and land cover classification using hyperspectral imagery: Evaluating the performance of spectral angle mapper, support vector machine and random forest. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* -

- ISPRS Archives*, 42(W13), 1841–1847. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-1841-2019>
- Cilia, C., Panigada, C., Rossini, M., Candiani, G., Pepe, M., & Colombo, R. (2015). Mapping of asbestos cement roofs and their weathering status using hyperspectral aerial images. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(2), 928–941. <https://doi.org/10.3390/ijgi4020928>
- Desdiani. (2023). *Penyakit Paru Akibat Kerja*. Media Sains Indonesia.
- Dwi Lestari, A., Hairunisa, N., & Mohamad Ridwan, A. (2023). Occupational Asbestos Related Diseases in Indonesia: A Call for Urgent Action and Awareness. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*, 6(2), 224–234. <https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2023.v6.224-234>
- Fiumi, L., Campopiano, A., Casciardi, S., & Ramires, D. (2012). Method validation for the identification of asbestos-cement roofing. *Applied Geomatics*, 4(1), 55–64. <https://doi.org/10.1007/s12518-012-0078-0>
- 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>
- Gil, L. K. T., Martínez, D. V., & Saba, M. (2023). The Widespread Use of Remote Sensing in Asbestos, Vegetation, Oil and Gas, and Geology Applications. *Atmosphere*, 14(1), 172. <https://doi.org/10.3390/atmos14010172>
- Inaban. (2018). *Laporan: Perkiraan Jumlah Kematian Akibat Penyakit Asbes di Indonesia Tahun 2016*.
- Inaban. (2023). *Penyakit Terkait Asbes Membunuh 1.600 Warga Indonesia Setiap Tahunnya*.
- Lion Indonesia. (2023). *Asbes Berbahaya bagi Kesehatan, LPKSM dan LION Indonesia menuntut Perlindungan Negara dari Perdagangan Asbes*.
- Pemerintah Kota Bandung. (2018). *Perda Kota Bandung no 14-2018 tentang Bangunan Gedung*. 6, 173.
- Planet Labs PBC. (2023). Planet Imagery Product Specifications. In *Planet Labs Inc* (Nomor December).
- Raghavendra, R., Vetrekar, N., Raja, K. B., Gad, R. S., & Busch, C. (2018). Robust gender classification using extended multi-spectral imaging by exploring the spectral angle mapper. *2018 IEEE 4th International Conference on Identity, Security, and Behavior Analysis, ISBA 2018, 2018-Janua*(January), 1–8. <https://doi.org/10.1109/ISBA.2018.8311455>
- Roy, D. P., Huang, H., Houborg, R., & Martins, V. S. (2021). A global analysis of the temporal availability of PlanetScope high spatial resolution multi-spectral imagery. *Remote Sensing of Environment*, 264(July), 112586. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112586>
- Shaik, R. U., Laneve, G., & Fusilli, L. (2022). An Automatic Procedure for Forest Fire Fuel Mapping Using Hyperspectral (PRISMA) Imagery: A Semi-Supervised Classification Approach. *Remote Sensing*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/rs14051264>
- Shivakumar, B. R., & Rajashekararadhya, S. V. (2017). Performance évaluation of spectral angle mapper and spectral correlation mapper classifiers over multiple remote sensor data. *Proceedings of the 2017 2nd IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies, ICECCT 2017, March*. <https://doi.org/10.1109/ICECCT.2017.8117946>
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Shahfahad, N., Pal, S., Liou, Y., & Rahman, A. (2020). Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations—A review. *Remote Sensing*, 12(7), 1135. <https://doi.org/10.3390/rs12071135>
- Thamrin, M. T., & Mukhlis, A. (2014). Pelepasan Serat Asbes. *Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir – BATAN*, 67–76.