

ANALISIS POLARIMETRI ALOS 1 PALSAR UNTUK ZONASI MINERAL ALTERASI HIDROTERMAL DI KABUPATEN SOPPENG SULAWESI SELATAN

ANALYSIS OF ALOS-1 PALSAR POLARIMETRY FOR MINERAL ALTERATION ZONE IN SOPPENG REGENCY SULAWESI SELATAN

¹Anugerah Ramadhian AP, Retnadi Heru Jatmiko^{2*}, dan Wirastuti Widyatmanti³

Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi
Universitas Gadjah Mada
Email: anugerahramadhianap@gmail.com

Submitted: 30-10-2019; Revised: 11-01-2021; Accepted: 27-01-2020

ABSTRACT

Radar technology in remote sensing can be used for a variety of mapping, such as geological mapping. Soppeng Regency, South Sulawesi has a complex geological condition characterized by structural and intrusion phenomena with old materials. The phenomenon is an indicator of hydrothermal alteration due to magma intrusion activity in the rock bedding. Radar imagery is able to identify hydrothermal alteration zones through physical approaches such as landforms, rock (lithology), and geological structures. The aim of this research to explore the ability of radar polarization to identify hydrothermal alteration parameters and distribution pattern in Soppeng Regency. The physical characteristics are obtained from visual interpretation of the ALOS-1 PALSAR multi-polarization imagery with terrain analysis approach. Sample data is needed for petrographic analysis to determine rock minerals content. Analysis of physical characteristics and petrographic analysis were used to determine the type and distribution of hydrothermal alteration zones. The result of this study are ALOS-1 PALSAR imagery can be used to produce information on landform, rocks (lithology), and geological structures with total accuracy 83,9%. The hydrothermal alteration zone in Soppeng Regency consists of argillic 221,662 km², advanced argillic 20,239 km², phyllic 94,790 km², potassic 46,678 km², propylitic 328,746 km², sub-propylitic 181,517 km², and skarn 75,635 km².

Keywords: *Hydrothermal Alteration; Multi-Polarization; Radar Imagery; Remote Sensing; Visual Interpretation*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi penginderaan jauh radar dapat digunakan untuk berbagai macam pemetaan, salah satunya pemetaan informasi geologi. Kabupaten Soppeng Sulawesi Selatan memiliki kondisi geologi kompleks ditandai dengan adanya kontrol struktur dan fenomena intrusi dengan material batuan yang memiliki umur geologi tua. Fenomena tersebut merupakan indikator adanya mineral alterasi hidrotermal karena adanya aktivitas intrusi magma pada bidang pelapisan batuan. Penginderaan jauh radar mampu untuk mengidentifikasi mineral alterasi hidrotermal melalui pendekatan fisik

*Corresponding author: retnadih@ugm.ac.id

Copyright © 2020 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

medan seperti bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kemampuan polarimetri radar untuk identifikasi parameter mineral alterasi hidrotermal dan pola persebarannya di Kabupaten Soppeng. Karakteristik fisik medan diperoleh dari interpretasi visual citra ALOS-1 PALSAR multi-polarisasi. Data sampel diperlukan untuk analisis mineral dan petrografi sehingga mengetahui kandungan mineral batuan. Analisis karakteristik fisik medan dan hasil analisis mineral petrografi digunakan untuk menentukan tipe dan sebaran mineral alterasi hidrotermal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa citra ALOS-1 PALSAR HH, HV, HV dapat menghasilkan informasi parameter bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi dengan baik ditandai dengan nilai total akurasi 83,9%. Zona mineral alterasi hidrotermal di Kabupaten Soppeng terdiri dari zona alterasi argilik 221,662 km², argilik sempurna 20,239 km², filik 94,790 km², potasik 46,678 km², propilitik 328,746 km², sub propilitik 181,517 km², dan skarn 75,635 km².

Kata Kunci: *Alterasi Hidrotermal; Multi-Polarisasi, Citra Radar, Penginderaan Jauh, Interpretasi Visual*

PENGANTAR

Sumber daya alam merupakan aspek penting bagi suatu negara terutama pada negara berkembang seperti Indonesia. Besarnya potensi sumber daya alam dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya yaitu proses pembentukan daratan. Indonesia terletak pada tiga zona tumbukan lempeng samudera dan benua aktif yaitu lempeng eurasia, pasifik, dan indo-australi (Verstappen, 2000). Fenomena tersebut berdampak besar terhadap potensi sumber daya alam yang ada di dalamnya. Menurut PP No. 23 Pasal 2 Ayat 2 Tahun 2010 salah satu sumber daya alam non hayati yaitu sumber daya alam bahan galian yang dibedakan menjadi sumber daya mineral logam dan non-logam. Sumber daya tersebut dipengaruhi oleh tingkat kompleksitas geologi yang menentukan terbentuknya mineral-mineral pada suatu wilayah (Carranza, 2002).

Kabupaten Soppeng Provinsi Sulawesi Selatan merupakan salah satu kabupaten dengan fenomena geologi yang kompleks.

Kompleksitas fenomena geologi tersebut ditandai dengan adanya kontrol struktur geologi yang kuat dengan umur material batuan tersier *eosen* hingga *pliosen*. Selain itu banyaknya fenomena intrusi menambah tingkat kompleksitas geologi di dalamnya. Aktivitas magma menerobos pelapisan batuan menyebabkan adanya perubahan unsur fisik dan kimia mineral batuan yang sering disebut dengan mineral teralterasi. Fenomena tersebut menjadi ciri adanya potensi sumber daya mineral di Kabupaten Soppeng terutama mineral teralterasi hidrotermal.

Penginderaan jauh menjadi salah satu teknik yang digunakan untuk menghasilkan informasi permukaan bumi dengan menggunakan bantuan citra mengalami banyak perkembangan salah satunya untuk identifikasi zona mineral alterasi hidrotermal. Penggunaan data radar ALOS-1 PALSAR dapat menghasilkan informasi karakteristik fisik medan meliputi kondisi bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi yang menjadi ciri adanya mineral teralterasi hidrotermal. Menurut Ulaby dkk. (1986), Spatz (1997), dan Zandbergen (2008) penggunaan saluran panjang gelombang radar band C dan L cocok digunakan untuk analisis geologi karena kemampuan penetrasi yang baik di permukaan bumi. Begitu juga dengan Pour dan Hashim (2014) menggunakan data radar ALOS-1 PALSAR untuk analisis struktur geologi dan menghasilkan informasi struktur geologi yang baik.

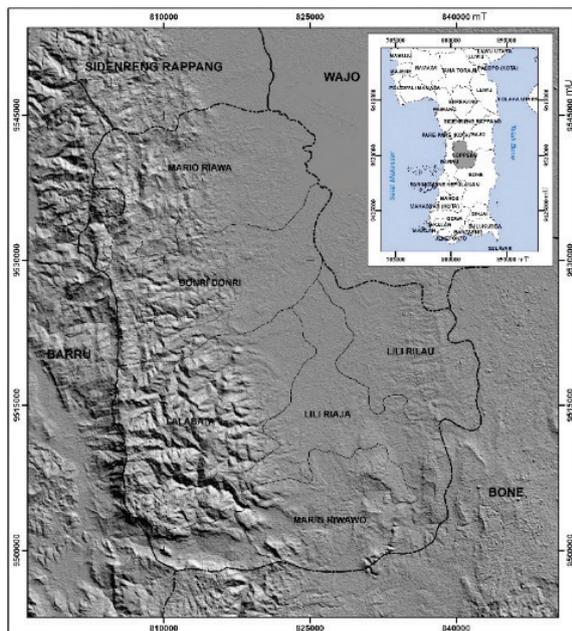
Identifikasi mineral alterasi hidrotermal menggunakan data ALOS-1 PALSAR biasa dilakukan dengan satu polarisasi HH atau HV. Penggunaan kombinasi polarisasi (multi-polarisasi) dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan data radar dalam identifikasi mineral alterasi hidrotermal. Perbedaan

cara pengiriman dan penerimaan pulsa radar akan memberikan informasi yang berbeda fenomena objek permukaan bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan radar ALOS-1 PALSAR multi-polarisasi untuk identifikasi parameter mineral alterasi hidrotermal dan mengetahui persebaran zona mineral alterasi hidrotermal di daerah penelitian.

Metode

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berada di Kabupaten Soppeng Provinsi Sulawesi Selatan dengan letak geografis 4°6'00" - 4°32'00" Lintang Selatan dan 119°47'18" - 120°06'13" Bujur Timur.



Gambar 1.

Lokasi Penelitian

Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital (2019)

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah komputer, perangkat lunak SNAP 5.0.0, ENVI 5, ArcGIS 10.4, Microsoft Office 365, palu geologi, *Global Positioning System* (GPS), dan kompas geologi. Bahan dalam penelitian ini

adalah citra radar ALOS-1 PALSAR polarisasi ganda HH dan HV perekaman 09-09-2008 path 412 frame 7090 dan 7100, Peta Rupa Bumi Indonesia Digital skala 1:50.000, Peta Geologi Lembar Pangkajene - Watampone skala 1:250.000.

Kalibrasi

Proses kalibrasi data radar dilakukan untuk memperbaiki kualitas pixel data radar. Proses ini dilakukan dengan menggunakan algoritma dari desain sistem dan analisis data radar. Nilai *gain* dan *phase* harus sesuai dengan nilai *backscatter* yang diperoleh dari perekaman permukaan bumi.

Filtering

Filtering dilakukan pada data radar untuk mengurangi gangguan saat perekaman citra. Banyaknya gangguan menyebabkan data radar sulit untuk mengenali informasi permukaan bumi. Filter median 5x5 digunakan untuk menghasilkan visualisasi yang baik pada data radar dan informasi permukaan bumi terlihat jelas dan detail.

Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik data radar digunakan untuk menghasilkan data radar yang memiliki posisi atau koordinat yang sesuai dengan permukaan bumi. Data radar yang direkam belum memiliki koordinat yang sesuai dengan permukaan bumi sehingga perlu untuk dilakukan koreksi. Proses koreksi dilakukan dengan menggunakan metode *image to image geo-correction* yaitu koreksi geometrik menggunakan citra lain yang memiliki koordinat sesuai di permukaan bumi seperti data SRTM.

Mosaik

Perekaman data radar dilakukan secara bertahap dan menghasilkan *scene* citra radar. Penelitian ini menggunakan dua *scene* citra radar sehingga perlu dilakukan proses mosaik citra. Mosaik citra penting dilakukan untuk menggabungkan citra yang terpisah

perekamannya menjadi satu citra baru yang selanjutnya dapat di proses lebih jauh. Proses ini dilakukan menggunakan *mozaic georeferenced* yaitu dengan penggabungan *scene* citra yang memiliki posisi atau koordinat yang berimpitan sehingga dapat dilakukan proses penggabungan.

Multi-polarisasi

Proses perekaman data radar dilakukan dengan dua polarisasi yaitu HH dan HV. Setiap polarisasi memiliki visualisasi citra yang berbeda tergantung dari respons objek permukaan bumi dengan sinyal radar yang dikirimkan. Akibatnya dua polarisasi yang berbeda memiliki informasi yang berbeda pada data radar. Untuk menghasilkan informasi permukaan bumi lebih baik dan jelas maka proses multi-polarisasi diperlukan dengan cara menggabungkan dua polarisasi tersebut ke dalam ruang warna *Red (R)*, *Green (G)*, dan *Blue (B)* menghasilkan data baru dengan kombinasi polarisasi tersebut. Penggabungan polarisasi mampu menghasilkan visualisasi data radar dengan baik dan jelas untuk identifikasi informasi permukaan bumi.

Analisis Data Radar

Analisis data dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu interpretasi bentuk lahan, interpretasi batuan (litologi), interpretasi struktur geologi, dan analisis mineral petrografi. Interpretasi bentuk lahan dilakukan dengan melihat kondisi topografi, pola aliran, dan kerapatan aliran. Berdasarkan ketiga pendekatan tersebut maka dapat menunjukkan informasi perbedaan proses, intensitas proses, dan material dasar penyusun bentuk lahan sehingga dapat menentukan jenis bentuk lahan. Interpretasi batuan (litologi) dilakukan dengan melihat bentuk lahan, kondisi topografi, dan intensitas proses yang bekerja. Struktur geologi dapat dikenali dengan adanya pola-pola kelurusan, perbedaan kondisi topografi secara tegas, dan pola aliran. Analisis mineral dan petrografi dilakukan dengan cara uji sampel batuan untuk menghasilkan informasi

komposisi dan jenis mineral penyerta pada sampel batuan yang di ambil.

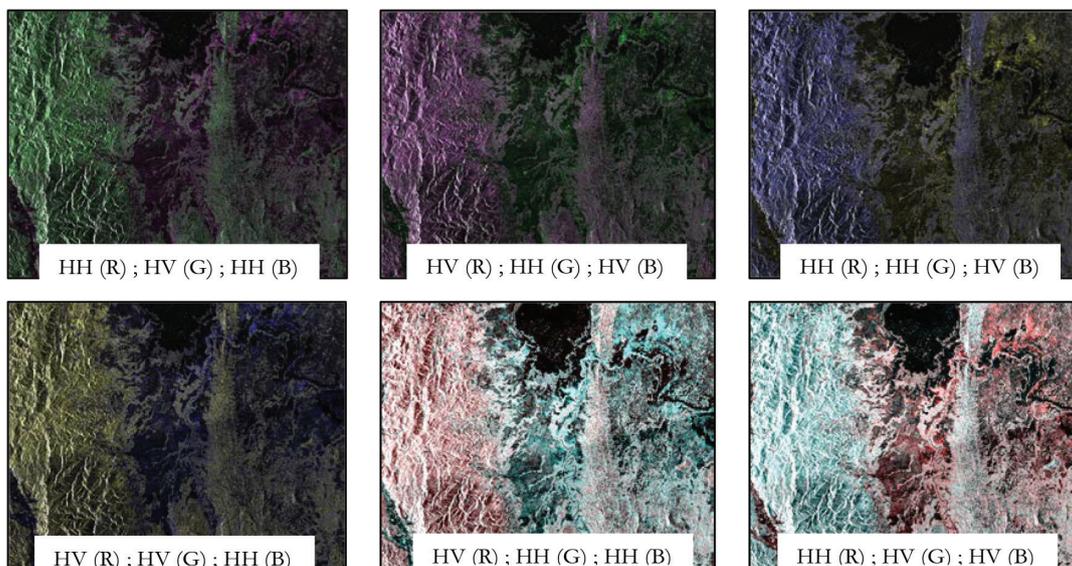
Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan citra radar dalam menghasilkan informasi parameter mineral alterasi hidrotermal yaitu bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix* yaitu penilaian akurasi berdasarkan hasil interpretasi dengan kondisi sebenarnya di lapangan menggunakan matriks kesalahan. Penilaian ini dilakukan berdasarkan kecocokan variabel hasil interpretasi citra dengan kondisi di lapangan atau data yang dianggap benar seperti peta geologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Radar Multi-Polarisasi

Multi-polarisasi data radar ALOS-1 PALSAR digunakan untuk menghasilkan visualisasi citra yang paling baik untuk melakukan identifikasi parameter bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi. Data radar ALOS-1 PALSAR polarisasi HH dan HV digunakan sebagai *input* dan menghasilkan enam kombinasi saluran seperti pada Gambar 2. Data radar *greyscale* diubah ke dalam ruang warna RGB sehingga menghasilkan citra baru dengan visualisasi lebih baik. Multi-polarisasi HH (R), HV (G), HV (B) dapat menggambarkan kondisi topografi dengan baik dan jelas sehingga untuk identifikasi parameter bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi dapat dilakukan dengan baik. Adanya batas perubahan kondisi topografi terlihat sangat jelas antara daerah dengan kondisi topografi datar hingga berbukit atau bergunung. Informasi ini sangat penting untuk menentukan parameter bentuk lahan dan batuan (litologi). Selain perbedaan kondisi topografi yang sangat jelas, adanya pola-pola kelurusan, perubahan kemiringan lereng yang sangat tegas, dan pola lipatan dapat dikenali dengan baik. Informasi ini sangat penting untuk penentuan parameter struktur geologi di Kabupaten Soppeng.



Gambar 2.
Perbandingan Kombinasi Polarisasi ALOS-1 PALSAR
Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Bentuk Lahan Daerah Penelitian

Penentuan bentuklahan dilakukan dengan cara interpretasi visual citra ALOS-1 PALSAR multi-polarisasi HH, HV, HV. Penamaan bentuk lahan di dasarkan pada kondisi topografi, umur, intensitas proses, dan material utama penyusun bentuk lahan. Kondisi topografi sangat berpengaruh terhadap bentuk lahan yang dibentuk. Berbeda kondisi topografi maka berbeda juga bentuk lahan yang dihasilkan karena proses yang bekerja pada masing-masing kondisi topografi berbeda. Umur geologi juga sangat berpengaruh terhadap informasi bentuk lahan yang dihasilkan karena terkait dengan umur material penyusun bentuk lahan. Pada material dengan umur geologi tua maka proses erosi dan denudasi akan lebih dominan karena material lebih lapuk dibandingkan dengan material dengan umur geologi lebih muda. Hal itu menyebabkan berbedanya hasil pembentukan bentuk lahan di suatu wilayah. Intensitas proses yang bekerja pada suatu material dapat menjadi ciri utama penentuan bentuk lahan di suatu wilayah. Tingginya intensitas proses yang bekerja akan menyebabkan material penyusun bentuk lahan mengalami proses erosi yang sangat kuat sehingga membentuk daerah-daerah dengan kondisi topografi berbukit hingga bergunung

dengan material batuan resisten. Berbeda dengan daerah yang memiliki intensitas proses rendah atau lemah, pada kondisi tersebut maka proses sedimentasi lebih dominan dibandingkan dengan proses erosi. Akibatnya, bentuk lahan yang dihasilkan akan memiliki kondisi topografi datar hingga landai karena banyaknya material yang menumpuk disebabkan oleh proses sedimentasi. Material penyusun pada suatu bentuk lahan juga menjadi ciri utama dalam penentuan bentuk lahan di suatu wilayah. Berbeda material penyusun maka berbeda pula bentuk lahan yang terbentuk. Pada daerah dengan material batuan beku akan membentuk bentuk lahan asal proses vulkanik karena jenis material batuan beku dihasilkan dari proses gunung api. Berbeda dengan material batuan sedimen yang akan membentuk bentuk lahan asal proses fluvial karena proses sedimentasi material-material oleh sungai. Oleh karena itu, penggabungan keempat informasi tersebut mampu menunjukkan satuan bentuk lahan yang terbentuk pada suatu daerah dengan mudah dan baik. Berdasarkan hasil interpretasi visual yang dilakukan, terdapat lima satuan bentuk lahan yaitu vulkanik, struktural, denudasi, solusional (karst), dan fluvial yang disusun oleh 26 sub-satuan bentuk lahan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1
 Sub Satuan Bentuk Lahan dan Luasan Hasil Interpretasi

Kode	Bentuk lahan	Luas (Km²)
F1	Dataran Aluvial Berbatuan Kerikil, Pasir dan Lempung	393.193
V1	Bukit Intrusi Berbatuan Trakit	2.803
V11/3	Bukit Gunung api Tua Terdenudasi Kuat Berbatuan Breksi	124.769
V17/3	Lembah Antar Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Kuat Berbatuan Batu Pasir dan Batu Lempung	23.851
V11/1	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Lemah Berbatuan Breksi	87.802
V11/2	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Sedang Berbatuan Lava	62.928
V11/3	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Kuat Berbatuan Lava, Breksi dan Sisipan Tuff	26.606
V11/3	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Kuat Berbatuan Lava dan Breksi	44.656
V11/3	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Kuat Berbatuan Lava	47.384
V11/2	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Sedang Berbatuan Lava dan Breksi	32.657
V11/2	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Sedang Berbatuan Breksi	40.416
D3	Bukit Sisa Berbatuan Batu Pasir	6.234
S5/3	Perbukitan Antiklinal Terkikis Kuat Berbatuan Batu Gamping dan Batu Lempung	6.503
S21	Perbukitan Struktural Berbatuan Batu Lempung dan Batu Lanau	31.222
S22	Lembah Antar Perbukitan Berbatuan Batu Pasir dan Batu Lempung	11.480
S5/2	Perbukitan Antiklinal Terkikis Sedang Berbatuan Batu Gamping dan Batu Lempung	21.712
V11/2	Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Sedang Berbatuan Lava, Breksi dan Sisipan Tuff	86.920
K2	Perbukitan Karst Terkikis Berbatuan Batu Gamping dan Napal	75.635
S23	Lereng Kaki Perbukitan Antiklinal Berbatuan Batu Lempung dan tufa	30.287
S5/1	Perbukitan Antiklinal Terkikis Lemah Berbatuan Batu Lempung dan Batu Lanau	81.954
V16/2	Lereng Kaki Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Sedang Berbatuan Breksi dan Konglomerat	47.229
V16/3	Lereng Kaki Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Kuat Berbatuan Breksi	7.661
V16/1	Lereng Kaki Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Lemah Berbatuan Breksi dan Konglomerat	27.844
V16/1	Lereng Kaki Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Lemah Berbatuan Breksi	12.056
V16/3	Lereng Kaki Bukit Gunung Api Tua Terdenudasi Kuat Berbatuan Breksi dan Konglomerat	20.239
F3	Danau	8.329
Total		1362.372

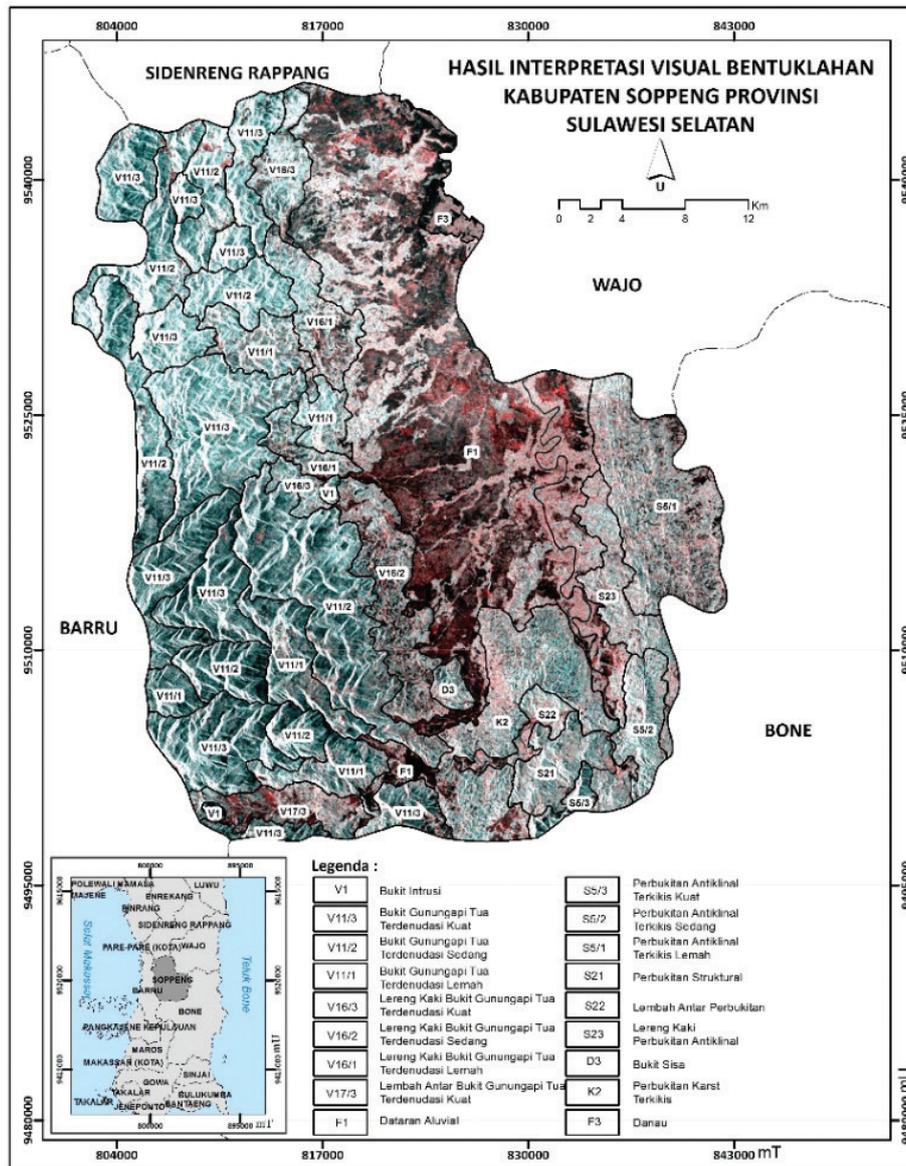
Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Sub-satuan bentuk lahan asal proses vulkanik mendominasi pada kondisi topografi bergelombang hingga berbukit dengan material penyusun batuan beku yang tersebar pada sisi

Barat Kabupaten Soppeng. Sub-satuan bentuk lahan asal proses struktural tersebar pada sisi Timur Kabupaten Soppeng dengan kondisi topografi berombak hingga bergelombang

ditandai dengan adanya kontrol struktur geologi lipatan dan patahan yang bekerja dengan material penyusun batuan sedimen. Sub-satuan bentuk lahan asal proses fluvial terdapat pada sisi tengah Kabupaten Soppeng yaitu pada daerah datar hingga landai dengan material batuan sedimen hasil pengendapan

material sungai. Sub-satuan bentuk lahan asal proses denudasional dan solusional (karst) terdapat pada sisi Selatan dengan kondisi topografi berombak hingga bergelombang dengan material batuan sedimen, persebaran sub-satuan bentuk lahan secara detail dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3.
 Hasil Interpretasi Bentuk lahan
 Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Batuan (Litologi) dan Struktur Geologi Daerah Penelitian

Identifikasi batuan (litologi) dilakukan dengan cara menurunkan informasi bentuk lahan. Setiap bentuk lahan memiliki informasi kondisi topografi, umur, intensitas proses, dan material utama penyusun bentuk lahan yang dapat menghasilkan informasi batuan (litologi). Struktur geologi diperoleh dengan melihat pola-pola kelurusan dan perubahan kondisi topografi yang tegas. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, terdapat 12 kelas batuan (litologi) yang dapat diidentifikasi seperti pada Tabel 2.

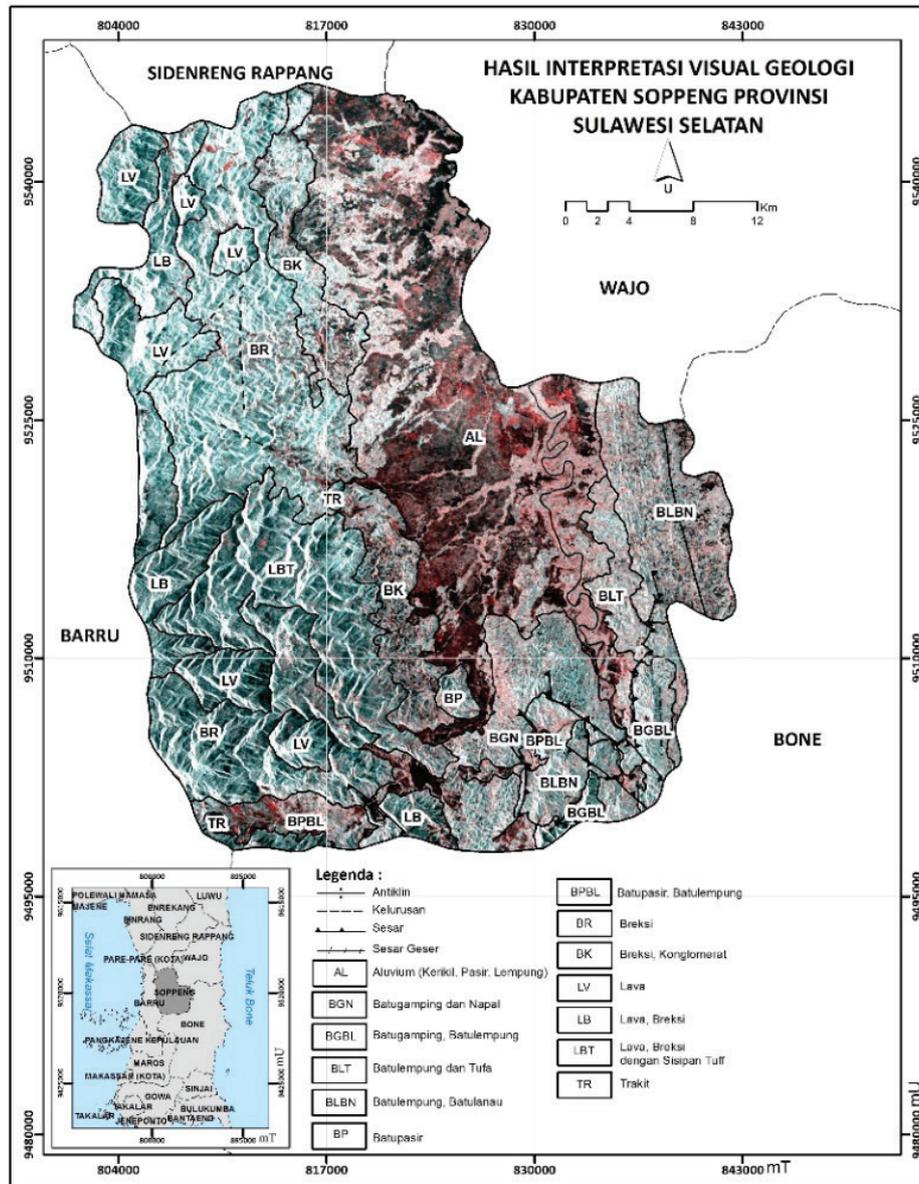
Batuan beku intrusif merupakan material batuan paling dominan di daerah penelitian tersebar pada sisi Barat terdiri dari lava, breksi,

konglomerat, trakit, dan sisipan tuff. Material batuan ini menunjukkan adanya aktivitas magmatik gunung api tua sebagai indikator adanya mineral teralterasi hidrotermal. Batuan sedimen terdiri dari batu lempung, batu pasir, batu lanau, napal, batu gamping, dan endapan aluvium tersebar pada sisi Timur dan Selatan daerah penelitian. Struktur geologi dikenali berdasarkan informasi pola kelurusan dan perubahan kondisi topografi yang tegas. Berdasarkan interpretasi visual yang dilakukan terdapat empat struktur geologi yang dihasilkan yaitu kelurusan, antiklin, sesar, dan sesar geser yang tersebar pada sisi Timur dan Selatan. Detail persebaran jenis batuan dan struktur geologi dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2
 Jenis Batuan dan Luasan Hasil Interpretasi

Kode	Batuan	Luas (Km ²)
BP	Batu Pasir	6.234
BGN	Batu Gamping dan Napal	75.635
BLT	Batu Lempung dan tufa	30.287
AL	Aluvium (Kerikil, Pasir, Lempung)	401.522
BGBL	Batu Gamping dan Batu Lempung	28.216
BLBN	Batu Lempung dan Batu Lanau	113.177
BPBL	Batu Pasir dan Batu Lempung	35.331
BR	Breksi	272.705
BK	Breksi dan Konglomerat	95.312
LV	Lava	110.311
LB	Lava dan Breksi	77.312
LBT	Lava, Breksi dan Sisipan Tuff	113.526
TR	Trakit	2.803
Total Luas		1362.372

Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019



Gambar 4.
Hasil Interpretasi Batuan (Litologi) dan Struktur Geologi
Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk menilai akurasi hasil interpretasi bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi terhadap data independen peta geologi skala 1:250.000. Sub-satuan bentuk lahan yang memuat informasi kondisi topografi, umur, intensitas proses, dan material penyusun dikelompokkan menjadi

kelas satuan medan yang lebih luas untuk dilakukan proses uji akurasi. Nilai akurasi total dari proses uji akurasi yang dilakukan pada Tabel 3 adalah 83,9%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil interpretasi citra ALOS-1 PALSAR multi-polarisasi HH, HV, HV yang dilakukan baik dan cukup sesuai dengan kondisi di lapangan.

Tabel 3
Uji Akurasi *Confusion Matrix* Hasil Interpretasi

		Informasi Peta Geologi					
		Formasi Gunung api Soppeng (Tmsv); Terobosan (T); Camba (Tmcv)	Formasi Walanae (Tmpt)	Formasi Tonasa (Tent); Anggauta Tacipi Walanae (Tmpt)	Formasi Malawa (Tem)	Endapan Aluvium (Qac)	Total Baris
Kelas Satuan Medan	Satuan Medan A	1019	25	39	16	2	1101
	Satuan Medan B	0	228	52	0	7	287
	Satuan Medan C	0	73	38	0	3	114
	Satuan Medan D	0	0	0	9	1	10
	Satuan Medan E	33	88	6	0	505	632
Total Kolom		1052	414	135	25	518	2144

Total Akurasi: $(1799 / 2144) \times 100\% = 83,9\%$
Sumber : Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Nilai *omission* dan *commission* berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa satuan medan E yang terdiri dari bentuk lahan asal proses fluvial memiliki nilai akurasi pembuat paling tinggi yaitu 97,49%. Nilai akurasi tersebut meunjukkan bahwa bentuk lahan asal proses fluvial dapat dikenali dengan baik oleh pembuat peta berdasarkan citra yang digunakan. Satuan medan A memiliki nilai akurasi paling tinggi pada pengguna peta yaitu 92,55% yang terdiri

dari bentuk lahan asal proses vulkanik dengan material batuan beku intrusi. Satuan medan C memiliki nilai akurasi paling rendah pada akurasi pembuat maupun pengguna peta yaitu 28,14% dan 33,33% yang terdiri dari sub satuan bentuk lahan perbukitan karst terkikis berbatuan batugamping dan napal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa satuan medan C sulit untuk dikenali dari citra ALOS-1 PALSAR multi-polarisasi HH, HV, HV maupun peta yang dihasilkan dari interpretasi visual citra.

Tabel 4
Omission dan Commission Hasil Interpretasi

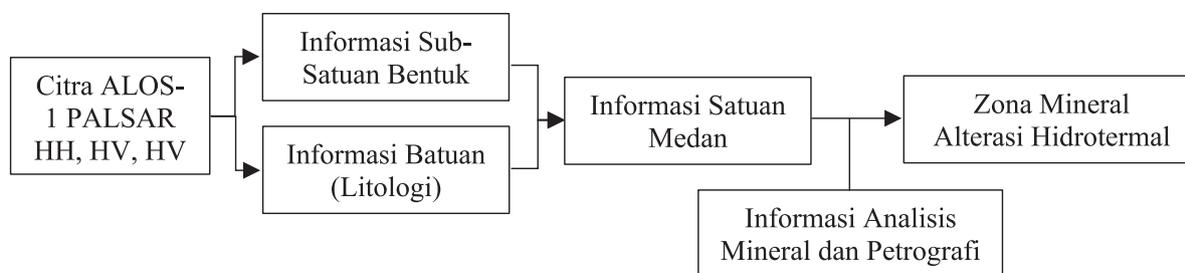
Kelas Satuan Medan	Producer Accuracy		User Accuracy	
	Accuracy	Omission	Accuracy	Commission
Satuan Medan A	96,86	3,14	92,55	7,45
Satuan Medan B	55,07	44,93	79,44	20,56
Satuan Medan C	28,14	71,86	33,33	66,67
Satuan Medan D	36	64	90	10
Satuan Medan E	97,49	2,51	79,90	20,10

Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Zonasi Mineral Alterasi Hidrotermal

Zonasi mineral alterasi hidrotermal ditentukan berdasarkan informasi satuan medan dan hasil analisis mineral petrografi laboratorium. Hasil analisis laboratorium sangat penting untuk melihat kandungan mineral batuan yang ada pada tiap satuan

medan daerah penelitian. Setiap jenis alterasi akan memiliki karakteristik mineral (mineral indeks) yang berbeda-beda sesuai dengan proses dan material pembentukannya (Corbett & Leach, 1996). Alur penentuan zona mineral alterasi hidrotermal dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5.

Alur Penentuan Zona Mineral Alterasi Hidrotermal

Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Zona alterasi hidrotermal yang dapat diidentifikasi berdasarkan analisis satuan medan dan analisis mineral petrografi adalah zona alterasi argilik, argilik sempurna, filik, potasik, propilitik, sub propilitik, dan skarn. Zona alterasi argilik ditentukan dengan munculnya mineral lempung pada material batuan (Gambar 6-a). Selain mineral lempung, terdapat juga mineral penyerta seperti fosil, opak, fragmen litik, dan kalsit. Zona alterasi argilik dapat ditemui pada daerah dengan kondisi topografi datar hingga bergelombang dengan material batuan sedimen.

Zona alterasi argilik sempurna dapat dikenali dengan munculnya mineral indeks kaolin dan kuarsa (Gambar 6-b). Selain mineral indeks terdapat mineral penyerta seperti mineral serisit, epidot, klorit, dan mineral opak. Zona mineral alterasi ini terdapat pada daerah dengan kondisi topografi bergelombang hingga berbukit. Tipe mineral alterasi ini ditemui pada jenis batuan breksi gunung api tua.

Zona alterasi filik dikenali dengan adanya mineral utama batuan yaitu kuarsa dan mika (Gambar 6-c). Selain kandungan mineral utama juga di dampingi mineral penyerta plagioklas, olivin, piroksen, feldspar dan opak. Zona mineral filik terdapat pada daerah sub satuan bentuk lahan lereng gunung api tua terdenudasi. Daerah lereng gunung api memiliki material batuan beku breksi gunung api dengan kandungan mineral tersebut.

Zona alterasi potasik ditandai dengan munculnya mineral indeks kuarsa dan feldspar dengan persentase besar (Gambar 6-d). Selain

mineral indeks tersebut, ada juga mineral penyerta seperti plagioklas, amfibol, epidot, opak, piroksen, dan massa dasar. Zona mineral alterasi ini ditemui pada daerah dengan kondisi topografi berbukit dan daerah intrusi. Material batuan penyusun mineral ini yaitu breksi dan trakit.

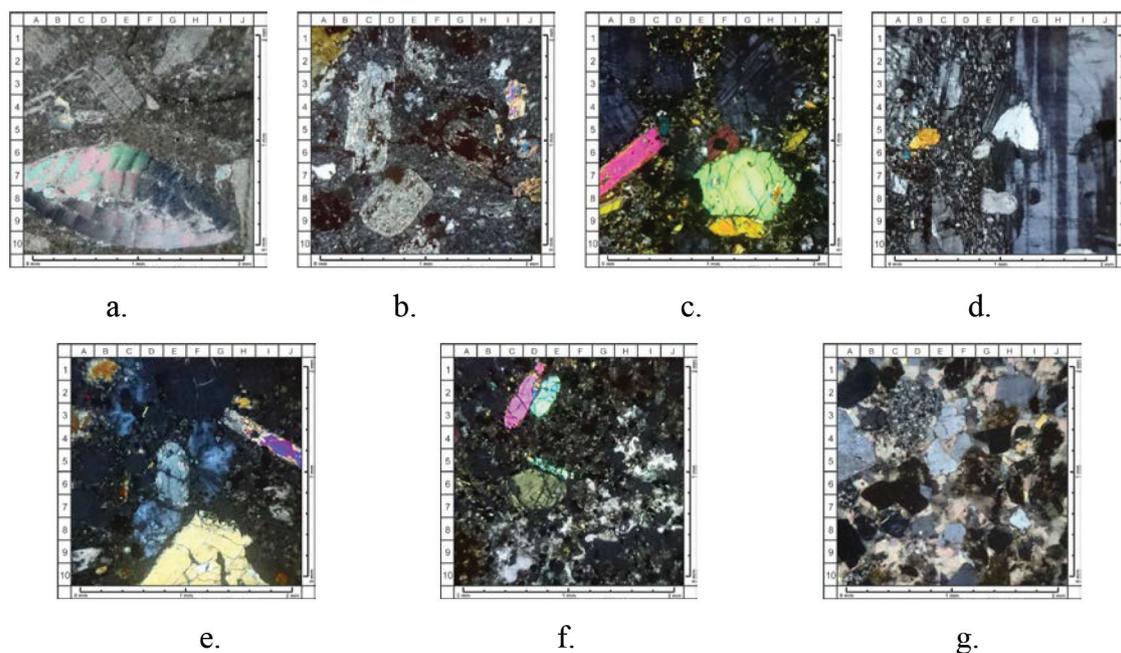
Zona alterasi propilitik ditandai dengan munculnya mineral indeks klorit, kuarsa, dan epidot (Gambar 6-e). Selain mineral utama terdapat juga mineral penyerta seperti plagioklas, amfibol, opak, piroksen, fragmen litik, lempung karbonat, lempung silika, dan massa dasar. Mineral alterasi ini dijumpai pada daerah dengan kondisi topografi berbukit dan intensitas erosi sedang hingga tinggi. Jenis mineral ini terdapat pada jenis batuan lava gunung api tua dan breksi gunung api tua.

Zona alterasi sub propilitik dapat diidentifikasi berdasarkan kemunculan mineral indeks berupa lempung karbonat dan klorit dengan persentase besar (Gambar 6-f). Selain itu terdapat mineral penyerta seperti kuarsa, kalsit, opak, piroksen, olivin, dan massa dasar. Zona alterasi sub propilitik dijumpai pada daerah dengan kondisi topografi berbukit dan intensitas erosi lemah hingga sedang. Mineral ini terdapat pada jenis batuan beku intrusif gunung api.

Zona alterasi skarn memiliki ciri khas yaitu hadirnya mineral indeks berupa kuarsa dan kalsit dengan persentase besar tergolong dalam grup kalk-silika (Gambar 6-g). Selain mineral indeks, terdapat juga mineral penyerta seperti fragmen litik, lempung -

lempung karbonat, dan opak. Zona mineral ini dapat dijumpai pada daerah dengan kondisi

topografi berombak hingga bergelombang dengan material utama batugamping.



Gambar 6.

Hasil Analisis Mineral dan Petrografi Tiap Zona Alterasi
 Sumber: Analisis Mineral dan Petrografi, 2019

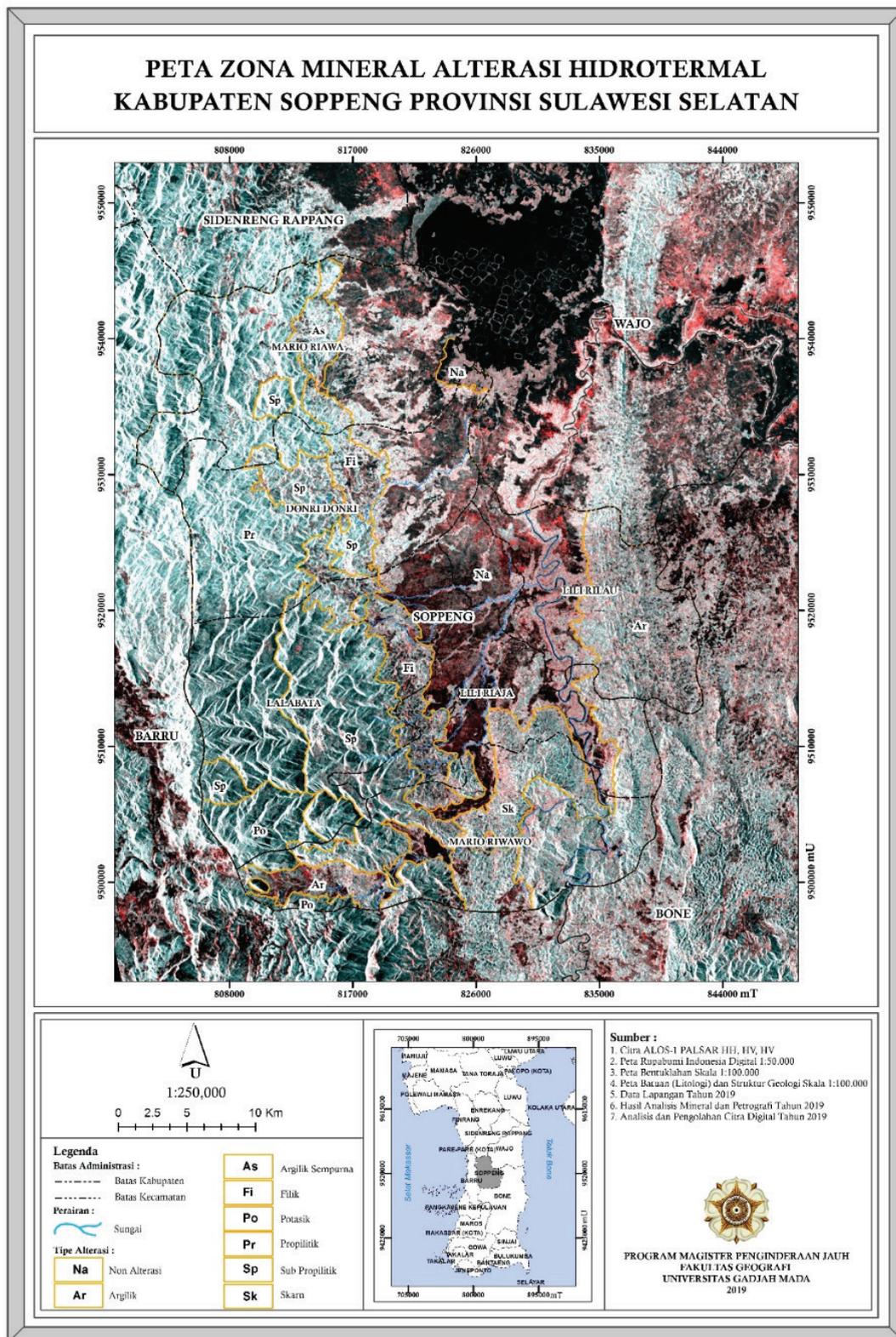
Klasifikasi zona alterasi hidrotermal dan parameter satuan medan dari citra dapat digunakan untuk mengetahui persebaran zona alterasi hidrotermal di daerah penelitian seperti

pada Gambar 7. Hasil analisis pada Tabel 5 menunjukkan bahwa zona alterasi propilitik mendominasi di Kabupaten Soppeng dengan luas 328,746 km², sedangkan luas zona argilik sempurna paling sempit yaitu 20,239 km².

Tabel 5
 Tipe dan Luasan Zona Alterasi Hidrotermal

Zona Alterasi	Luas (Km ²)
Non Alterasi	393,105
Argilik	221,662
Argilik Sempurna	20,239
Filik	94,790
Potasik	46,678
Propilitik	328,746
Sub Propilitik	181,517
Skarn	75,635
Total	1362,372

Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019



Gambar 7.
Peta Zona Alterasi Hidrotermal Kabupaten Soppeng
Sumber: Analisis dan Pengolahan Citra Digital, 2019

Zona mineral alterasi argilik tersebar pada sisi Timur Kabupaten Soppeng dengan dominasi bentuk lahan asal proses struktural yang dikontrol oleh lipatan dan patahan. Zona mineral alterasi argilik sempurna terdapat pada sisi Utara dengan bentuk lahan lereng kaki gunung api tua terdenudasi kuat dengan material batuan breksi gunung api. Zona mineral alterasi filik didominasi pada daerah lereng kaki bukit gunung api tua terdenudasi lemah hingga sedang pada sisi tengah Kabupaten Soppeng. Zona mineral alterasi potasik terdapat pada sisi Selatan dengan material batuan beku intrusi pada daerah-daerah bentuk lahan intursi gunung api. Zona mineral alterasi propilitik dan sub-propilitik terdapat pada sisi Barat Kabupaten Soppeng dengan bentuk lahan bukit gunung api tua terdenudasi dengan material batuan beku.

SIMPULAN

Radar multi-polarisasi dapat digunakan untuk meningkatkan visualisasi citra. Kombinasi polarisasi HH, HV, HV pada citra ALOS-1 PALSAR memiliki kemampuan yang baik untuk identifikasi parameter bentuk lahan, batuan (litologi), dan struktur geologi ditandai dengan nilai total akurasi 83,9%. Kondisi topografi, batas perubahan topografi, dan pola-pola kelurusan dapat dikenali dengan baik dan jelas.

Zona alterasi hidrotermal di Kabupaten Soppeng terdiri dari zona alterasi argilik, argilik sempurna, filik, potasik, propilitik, sub propilitik, dan skarn. Zona alterasi propilitik merupakan zona alterasi paling luas yaitu 328,746 Km² tersebar pada daerah topografi berbukit dengan material batuan beku intrusif. Zona alterasi argilik sempurna merupakan zona alterasi paling sempit dengan luas 20,239 Km²

tersebar pada daerah topografi bergelombang dengan material batuan breksi gunung api.

DAFTAR PUSTAKA

- Carranza, E. J. (2002). *Geologically-Constrained Mineral Potential Mapping: Examples from the Philippines*. Enschede: ITC.
- Corbett, G. J. dan Leach, T. M. (1996). Southwest Pacific Rim Gold/Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization, in *Society of Exploration Geochemist*. Townville, p. 145.
- Pour, A. B. dan Hashim, M. (2014). Structural geology mapping using PALSAR data in the Bau gold mining district , Sarawak , Malaysia.' *Advances in Space Research*. COSPAR, 54 (4): 644-654.
- Spatz, D. (1997). Remote Sensing Characteristics of the Sediment - and Volcanic-Hosted Precious Metal System: Imagery Selection for Exploration and Development, *Journal Remote Sensing*, (18): 1413-1438.
- Ulaby, F. T., Moore, R. K. dan Fung, A. K. (1986). *Microwave Remote Sensing Active and Passive: From Theory to Applications*. United States: Addison Wesley.
- Verstappen, H. T. (2000). *The Geomorphology of Indonesia*. The Netherland: ITC.
- Zandbergen, P. (2008). Application of Shuttle Radar Topography Mission Elevation Data', *Geography Compass* 2, (5): 1404-1431.