

FUSI CITRA LANDSAT 7ETM+ DAN ASTER G-DEM UNTUK IDENTIFIKASI ASPEK GEOLOGI KABUPATEN SOPPENG SULAWESI SELATAN

Anugerah Ramadhian AP
anugerah.ramadhian.a@mail.ugm.ac.id

Taufik Hery Purwanto
taufik@ugm.ac.id

Abstract

South Sulawesi is one of the subduction zone's which presents various formations of rocks and geologic structures. This research is conducted to determine the ability of each techniques to obtain geological phenomena. Besides, this research is also aimed to map the rocks and the geologic structures. LANDSAT 7 ETM+ and ASTER G-DEM imagery are used as data input along with some techniques fusion as Hue, Saturation, and Value, Principal Component, Gram-Schmidt, Brovey, and Spatial Filtering where each of the methods is compared to determine the best one. Fusi Principal Component is the highest accurate percentage of 81,40% for landforms and 82.05% for rocks. The mapping on the west side is dominated by lava, breccia, and trachyte, the south by limestone, claystone, siltstone, and sandstone, the east by claystone and siltstone, and the north and the centre by alluvium. The geologic structures on the south are dominated by fault whereas the east by anticline.

Keywords: Geological phenomena, fusion, spatial filtering, rocks, geologic structures

Abstrak

Sulawesi Selatan merupakan salah satu daerah zona tumbukan lempeng eurasia, pasifik, dan indo-australia menyajikan fenomena geologi batuan dan struktur geologi yang beragam. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan masing-masing teknik pengolahan citra untuk menghasilkan informasi batuan dan struktur geologi. Selain itu melakukan pemetaan batuan dan struktur geologi. Citra LANDSAT 7 ETM+ dan citra ASTER G-DEM sebagai input data beberapa teknik pengolahan citra Fusi Hue, Saturation, and Value, Fusi Principal Component, Fusi Gram-Schmidt, Fusi Brovey, dan Pemfilteran Spasial yang dilakukan proses perbandingan masing-masing metode untuk menghasilkan metode terbaik. Fusi Principal Component memiliki nilai akurasi tertinggi yaitu 81,40% pada unit bentuklahan dan 82,05% pada unit batuan. Pemetaan batuan dan struktur geologi sisi Barat didominasi batuan lava, breksi, dan trakit, Sisi Selatan didominasi batugamping, batulempung, batulanau, dan batupasir, Sisi Timur batulempung dan batulanau, Sisi Utara dan Tengah berupa aluvium (kerikil, pasir, lempung). Struktur geologi sisi Selatan didominasi sesar dan sisi Timur didominasi lipatan.

Kata kunci: Fenomena geologi, fusi, pemfilteran spasial, batuan, struktur geologi

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kenampakan geologi yang sangat beragam dan sangat kompleks. Kondisi geologi yang sangat kompleks tersebut disebabkan karena Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh zona tumbukan lempeng yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australi yang hingga saat ini masih aktif. Zona tumbukan lempeng tersebut akan berpengaruh terhadap material penyusun atau unit batuan dan struktur geologi di daerah tersebut.

Penginderaan jauh merupakan sarana untuk mendapatkan informasi permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan objek dengan menggunakan media citra penginderaan jauh (Lillesand and Keifer, 2007). Salah satu keunggulan penginderaan jauh yaitu dalam mengetahui atau pengenalan objek pada permukaan bumi menggunakan pantulan spektral. Unit batuan dan struktur geologi merupakan objek kajian geologi yang dapat diidentifikasi menggunakan citra penginderaan jauh.

Sulawesi merupakan Provinsi yang memiliki kenampakan struktur geologi dan litologi yang sangat kompleks dibandingkan dengan pulau-pulau lain di Indonesia karena berada pada zona tumbukan. Kondisi geologi tersebut dapat diidentifikasi dengan menggunakan pendekatan-pendekatan fisik medan dengan cara melakukan interpretasi secara visual yang dilakukan dengan bantuan pengolahan citra seperti fusi *Hue Saturation Value (HSV)*, fusi *Principal Component (PC)*, fusi *Gram-Schmidt*, fusi *Brovey*, dan pemfilteran spasial (Zheng, 2011). Masing-masing metode pengolahan citra tersebut diharapkan mampu mengidentifikasi kondisi geologi dengan menghasilkan citra baru yang memiliki informasi atau data yang lebih jelas dan detail sehingga menghasilkan informasi geologi yang baik dan akurat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan citra LANDSAT 7 ETM+ dan ASTER G-DEM untuk identifikasi informasi geologi. Teknik pengolahan citra yang digunakan dibedakan menjadi fusi *Hue, Saturation, and Value, Principal component, Gram-Schmidt, Brovey*, dan pemfilteran spasial. Pengenalan objek atau informasi geologi terkait dengan batuan dan struktur geologi dilakukan dengan interpretasi visual dengan memperhatikan unsur-unsur interpretasi (Sutanto, 1990).

Fusi citra menurut Vrabel (1996) dalam Sitanggang (2004) merupakan proses penggabungan citra yang memiliki resolusi spektral tinggi (multispektral dan hyperspektral) dengan citra resolusi spasial tinggi (pankromatik) dengan cara resampling atau mengubah pixel citra ke citra dengan resolusi spasial yang tinggi.

Hue, Saturation, and Value dilakukan dengan merubah ruang warna pada citra multispektral RGB kedalam ruang warna HSV dan mengganti nilai *value* dengan citra lain yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi (Foley et al dalam Mather, 2004). Citra resolusi rendah akan melakukan *resampling* terhadap nilai *Hue* dengan menggunakan teknik *cubic convolution, bilinear, dan nearest neighbour*. Setelah *resampling* citra dikembalikan keruang warna RGB dan citra hasil akan memiliki resolusi spasial dan spektral lebih tinggi.

Principal Component dilakukan dengan teknik rotasi band dengan cara meringkas informasi pada saluran atau band citra yang digunakan namun tidak mengurangi atau menghilangkan informasi pada setiap band yang ada. Citra dengan jumlah band yang banyak akan menyebabkan terjadinya pengulangan informasi pada setiap band yang ada (Mather, 2004). Citra hasil memiliki informasi tanpa pengulangan dan tidak saling korelasi.

Fusi *Gram-Schmidt* dilakukan berdasarkan simulasi dari saluran pankromatik dengan resolusi spasial tinggi berdasarkan saluran multispektral yang memiliki resolusi spasial yang lebih rendah. Transformasi tersebut akan mempertahankan aspek spektral citra sehingga dalam mengidentifikasi kenampakan objek permukaan bumi akan lebih jelas dan lebih mudah.

Fusi *Brovey* dilakukan berdasarkan penggabungan setiap saluran yang digunakan dengan saluran pankromatik dari citra tersebut. Citra multispektral akan digabungkan tiap saluran menggunakan saluran pankromatik sehingga setiap saluran akan melakukan *resampling* terhadap saluran pankromatik yang ada. Akibatnya, tiap saluran akan memiliki resolusi spasial yang lebih bagus atau lebih jelas kenampakan objek pada citra. Setiap pixel pada citra akan diubah atau disesuaikan dengan pixel saluran pankromatik citra sehingga tampak lebih jelas (Danoedoro, 2012).

Pemfilteran spasial merupakan proses pengolahan data atau ekstraksi data dimana data tersebut merupakan suatu himpunan sehingga ketika data-data tersebut tidak sesuai atau tidak diinginkan maka dapat dihilangkan dengan cara pemfilteran spasial (Swain dan Davis, 1978 dalam Danoedoro, 1996). Teknik pengolahan citra tersebut dilakukan dengan mengubah nilai variasi pada citra asli menjadi nilai variasi yang berbeda pada nilai spektralnya sehingga akan menghasilkan perbedaan nilai yang jelas (Danoedoro, 1996).

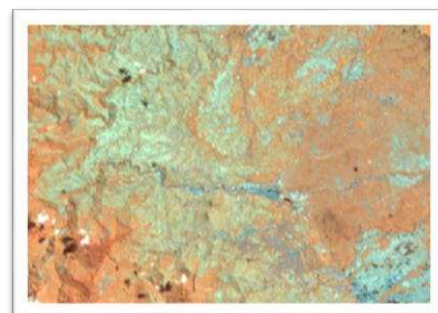
Filter *Lowpass* digunakan untuk memperhalus kenampakan objek, sedangkan filter *Highpass* digunakan untuk mempertegas batas objek. Filter *Directional* akan mempertajam kenampakan garis yang memiliki arah, sedangkan filter *non-Directional* akan mempertajam kenampakan garis kesegala arah (Mather, 2004).

Sampel ditentukan dengan menggunakan *stratified random sampling* terhadap unit pemetaan yang diasumsikan setiap unit pemetaan memiliki asumsi yang sama terhadap semua unit yang ada. Analisis data dilakukan dengan cara reinterpretasi, uji akurasi, dan uji kemampuan hasil pengolahan citra sehingga menghasilkan metode terbaik dalam identifikasi informasi geologi dan peta batuan dan struktur geologi.

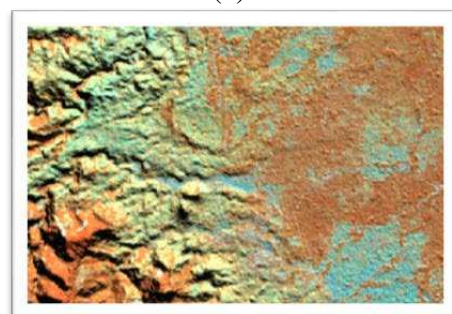
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hue, Saturation, and Value

Teknik fusi HSV dilakukan dengan mengubah ruang warna pada citra LANDSAT 7 ETM+ dari RGB kedalam ruang warna HSV. Citra ASTER G-DEM digunakan sebagai input untuk mengganti nilai value sehingga aspek topografi atau relief dari citra ASTER G-DEM dapat diperoleh.



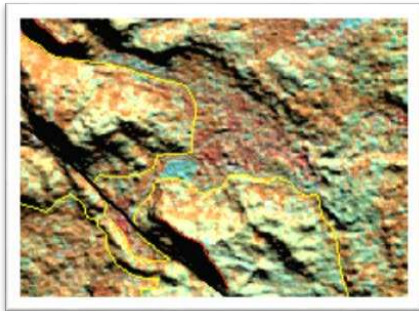
(a)



(b)

Gambar 1. Visualisasi citra sebelum dilakukan fusi (a) dan sesudah dilakukan fusi *Hue, Saturation, and Value* (b)

Visualisasi citra LANDSAT 7 ETM+ sebelum dilakukan fusi citra (Gambar 1a) akan lebih sulit digunakan untuk identifikasi informasi geologi. Informasi batas-batas objek pada citra cenderung tidak terlihat dan sulit untuk dikenali. Berbeda dengan citra hasil fusi *Hue, Saturation, and Value* (Gambar 1b) yang telah mengalami proses fusi yang menyajikan kenampakan objek dengan lebih jelas dan lebih detail yang sangat menunjang dalam proses pengenalan informasi geologi.



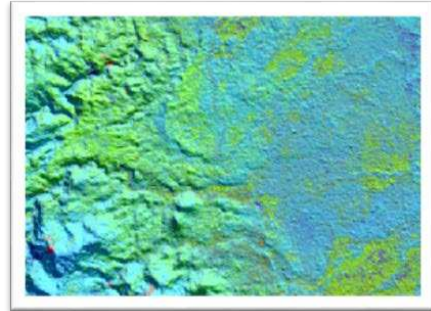
Gambar 2. Bukit gunungapi tua terdenudasi sedang berbatuan breksi dengan pola patahan (hitam) dan igir meruncing (merah)

Kenampakan batuan dan struktur geologi terlihat cukup detail dan dapat dikenali berdasarkan citra hasil fusi. Pola sesar sangat terlihat detail dengan adanya perbedaan relief yang tegas (Gambar 2). Selain itu ditandai dengan adanya pola igir meruncing yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki kondisi topografi yang tegas. Kondisi topografi yang tegas dengan tekstur kasar dan igir meruncing menunjukkan bahwa daerah tersebut tersusun oleh batuan yang keras dengan tingkat resistensi tinggi.

Principal Component

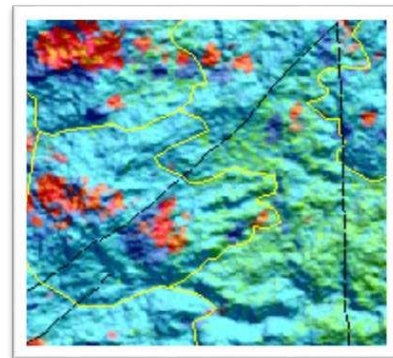
Fusi *Principal Component* merupakan salah satu teknik fusi dengan menggunakan citra baru hasil penggabungan informasi dari citra

multispektral sehingga informasi yang dihasilkan lebih detail dan tidak mengalami pengulangan informasi.



Gambar 3. Visualisasi citra setelah dilakukan fusi *Principal Component*

Visualisasi citra setelah dilakukan fusi menghasilkan kenampakan yang sangat berbeda. Kesan topografi yang jelas dan detail dibandingkan dengan citra sebelum fusi (Gambar 3). Batas objek terlihat jelas dan kenampakan topografi yang sangat jelas mempermudah identifikasi informasi geologi. Namun, citra hasil fusi memiliki perubahan rona atau warna sehingga cukup sulit untuk identifikasi penutup penggunaan lahan.



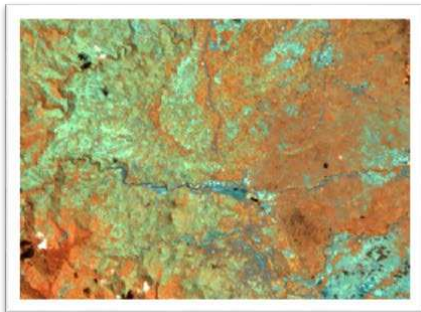
Gambar 4. Bukit gunungapi tua terdenudasi kuat berbatuan lava dengan pola kelurusan (hitam)

Objek penutup penggunaan lahan cenderung sulit dikenali karena adanya perubahan rona atau warna pada citra hasil. Tekstur yang kasar dengan kondisi topografi yang tegas sangat membantu dalam identifikasi informasi geologi. Pola kelurusan sangat terlihat jelas dari sisi Utara

hingga Selatan (Gambar 4). Kondisi permukaan yang tidak rata dan tekstur yang kasar menunjukkan bahwa material penyusun batuan beku dengan tingkat resistensi tinggi yaitu lava.

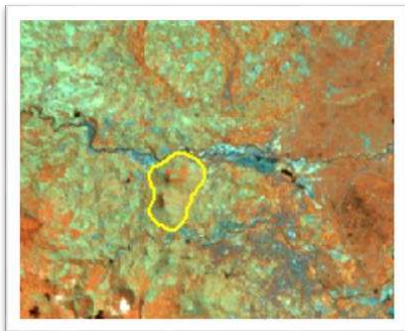
Gram-Schmidt

Fusi *Gram-Schmidt* merupakan fusi dengan melakukan simulasi saluran pankromatik citra. Citra baru hasil fusi memiliki visualisasi warna atau rona lebih tajam dibandingkan dengan teknik fusi lainnya namun kenampakan topografi cenderung kurang detail



Gambar 5. Visualisasi citra sesudah dilakukan fusi *Gram-Schmidt*

Visualisasi citra baru hasil fusi memiliki kenampakan rona atau warna yang lebih tajam dibandingkan dengan citra sebelum dilakukan fusi (Gambar 5). Aspek spektral yang dipertahankan menjadikan citra tersebut lebih tajam. Namun pada aspek topografi cenderung tidak terlihat detail dan tegas dibandingkan dengan teknik fusi yang lainnya.

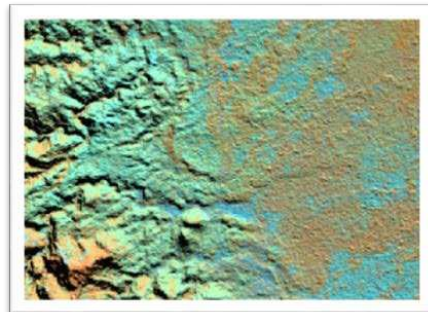


Gambar 6. Bukit intrusi dengan material trakit

Kenampakan batuan dan struktur geologi cenderung lebih sulit untuk dikenali karena aspek topografi yang kurang tegas. Terlihat pada Gambar 6 pada bukit intrusi yang seharusnya memiliki kenampakan topografi yang berbukit namun pada citra cenderung datar. Selain itu tekstur yang cukup halus menyebabkan informasi geologi seperti batuan dan struktur geologi yang dihasilkan cenderung kurang detail. Namun objek penutup penggunaan lahan cenderung lebih mudah diidentifikasi sebagai pendukung penentuan informasi geologi.

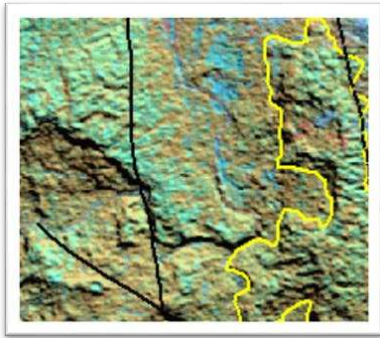
Brovey

Fusi *Brovey* dilakukan untuk menghasilkan citra baru dengan kualitas visual dan spektral citra yang baik dengan cara ruang warna RGB pada citra LANDSAT 7 ETM+ digabungkan pada masing-masing saluran multispektral dengan saluran pankromatik citra ASTER G-DEM.



Gambar 7. Visualisasi citra sesudah dilakukan fusi *Brovey*

Visualisasi citra hasil fusi menghasilkan kenampakan topografi yang sangat tegas dan detail namun terjadi perubahan rona atau warna dibandingkan sebelum dilakukan fusi (Gambar 7). Detail variasi topografi yang dihasilkan sangat membantu dalam proses penarikan batas informasi geologi sehingga menghasilkan informasi yang detail dan akurat.

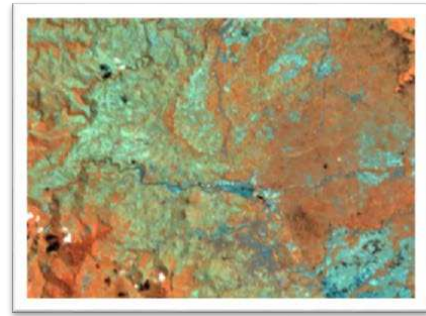


Gambar 8. Perbukitan struktural berbatuan batugamping dengan pola kelurusan (hitam putus-putus)

Kondisi batuan dan struktur geologi pada teknik fusi ini sangat terlihat detail dan jelas. Pola kelurusan terlihat tegas pada sisi Timur yang memanjang dari Utara sampai Selatan (Gambar 8). Tekstur yang agak kasar dengan pola agak membulat menunjukkan material penyusun daerah tersebut berupa batugamping. Banyaknya perbedaan relief menunjukkan bahwa proses pelarutan yang terjadi berbeda-beda. Perbedaan topografi pada sisi Barat yang menunjukkan perbedaan material yaitu pada sisi Barat dataran aluvial dengan material aluvium (kerikil, pasir, dan lempung).

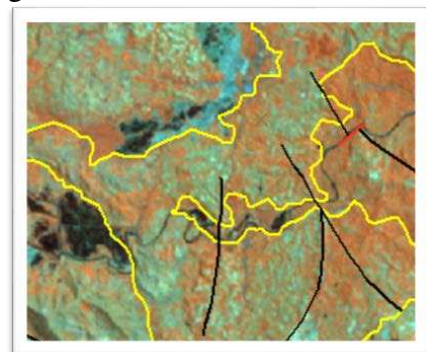
Filter *Lowpass*

Filter *Lowpass* dilakukan untuk menghasilkan citra baru dengan cara mengaburkan batas tepi objek sehingga terlihat semakin halus dan jelas. Teknik tersebut digunakan untuk melihat perlapisan batuan pada citra. Namun batas objek yang kabur menyebabkan penarikan batas objek cenderung lebih sulit.



Gambar 9. Visualisasi citra sesudah dilakukan filter *Lowpass*

Visualisasi citra hasil filter *Lowpass* memiliki kenampakan batas tepi objek yang cenderung susah dilihat karena adanya pengaburan batas dengan filter dibandingkan dengan sebelum dilakukan filter (Gambar 9). Kondisi topografi tidak terlihat jelas dan detail karena tidak menggunakan citra gabungan seperti pada teknik fusi citra. Objek penutup penggunaan lahan lebih mudah dikenali dan digunakan sebagai bantuan identifikasi informasi geologi.



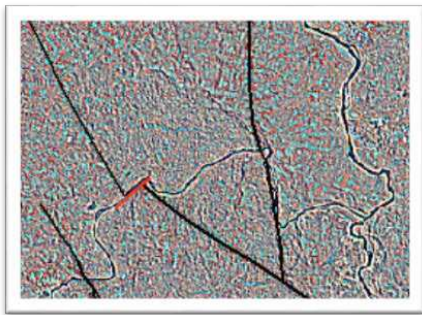
Gambar 10. Perbukitan karst tererosi berbatuan batugamping dengan pola sesar (hitam)

Kondisi batuan dan struktur geologi terlihat pada bentuklahan bukit karst tererosi yaitu struktur sesar sangat terlihat jelas (Gambar 10). Adanya perbedaan relief yang tegas menunjukkan daerah tersebut terkontrol oleh sesar. Pola dan tekstur yang membulat dan bergelombang menunjukkan bahwa material penyusun pada unit bentuklahan tersebut yaitu batugamping. Objek vegetasi kerapatan rendah

teridentifikasi dengan adanya rona atau warna coklat muda dan diselingi hijau kebiruan yang menunjukkan vegetasi kerapatan rendah dan lahan terbuka.

Filter *Highpass*

Filter *Highpass* digunakan untuk proses identifikasi struktur geologi baik pada pola kelurusan, sesar, dan igir. Filter tersebut mampu menajamkan batas tepi dari objek yang ada pada citra.

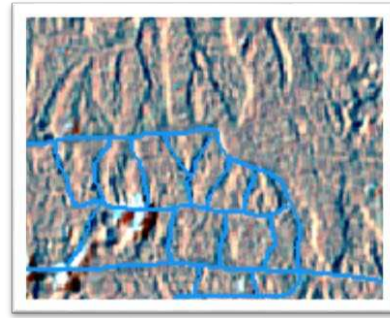


Gambar 11. Sesar (hitam) dan sesar geser (merah) pada filter *Highpass*

Kenampakan struktur geologi sangat terlihat pada citra hasil filter *Highpass* yaitu adanya sesar dan sesar geser (Gambar 11). Sesar terlihat dengan pola tegas lurus membentuk pola garis pada citra. Adanya perbedaan tekstur juga menunjang informasi adanya sesar pada citra. Sisi Barat cenderung lebih kasar dibandingkan dengan sisi Timur.

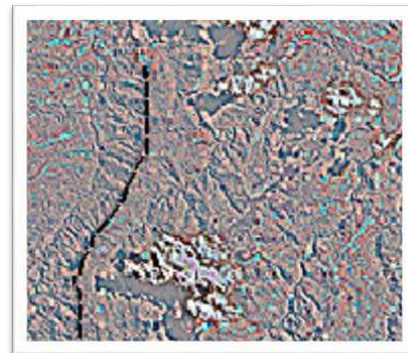
Filter *Directional* dan *Nondirectional*

Pola aluriran pada filter *Directional* lebih terlihat (Gambar 12) dibandingkan dengan filter *Nondirectional*. Penajaman satu arah pada filter *Directional* menyebabkan informasi struktur geologi cenderung lebih sulit untuk dikenali atau diidentifikasi pada citra. Hal tersebut karena objek yang teridentifikasi cenderung memiliki batas yang kurang jelas dan kurang tegas.



Gambar 12. Pola aliran rectangular pada filter *Directional*

Pemfilteran *Nondirectional* lebih baik untuk menghasilkan informasi struktur geologi (Gambar 13) karena proses penajaman ke segala arah sehingga dapat mengetahui pola-pola struktur geologi yang ada. Namun informasi yang diperoleh dengan menggunakan filter tersebut juga tidak banyak karena tekstur yang dihasilkan cenderung lebih kasar dan sulit untuk dikenali.



Gambar 13. Pola kelurusan pada filter *Nondirectional*

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan teknik pengolahan citra untuk menyajikan informasi bentuklahan dan batuan. Uji tersebut dilakukan pada teknik pengolahan citra fusi *Hue, Saturation, and Value, Principal Component, Gram-Schmidt, Brovey* dan pemfilteran spasial. Peta geologi digunakan sebagai acuan atau data yang dianggap benar sehingga dapat dilakukan uji untuk menghasilkan teknik terbaik dalam pengolahan citra.

Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa fusi *Principal Component* menghasilkan nilai tertinggi pada bentuklahan dan batuan dibandingkan dengan teknik pengolahan

citra yang lainnya. Nilai akurasi bentuklahan *Principal Component* mencapai nilai 81,40% (Tabel 1).

Tabel 1. Confusion matrix unit bentuklahan fusi *Principal Component*

Peta Geologi Hasil Klasifikasi	Soppeng (Tmsv), Terobosan Trakit (T), Camba (Tmcv)	Walanae (Tmptw)	Tonasa (Temt), Anggota Tacipi Walanae (Tmpt)	Malawa (Tem)	Aluvium (Qac)	Total Baris
Vulkanik	1612	38	70	19	3	1742
Struktural	0	293	68	0	8	369
Karst	19	150	53	0	0	222
Denudasional	0	0	0	13	3	16
Fluvial	71	172	11	0	795	1049
Total Kolom	1702	653	202	32	809	3398

“Total Akurasi: $(2766 / 3398) \times 100\% = 81,40\%$ ”

Fusi *Principal Component* juga menghasilkan akurasi batuan terbaik dibandingkan dengan teknik fusi yang lainnya. Hal tersebut dikarenakan visualisasi citra yang baik dan detail terkait dengan batas objek dan topografi sehingga

objek bentuklahan dan batuan cenderung lebih mudah untuk diidentifikasi. Nilai akurasi batuan pada fusi tersebut mencapai nilai 82,05% (Tabel 2).

Tabel 2. Confusion matrix unit batuan fusi *Principal Component*

Peta Geologi Hasil Klasifikasi	Soppeng (Tmsv), Terobosan Trakit (T), Camba (Tmcv)	Walanae (Tmptw)	Tonasa (Temt), Anggota Tacipi Walanae (Tmpt)	Malawa (Tem)	Aluvium (Qac)	Total Baris
Trakit, Breksi, Lava, Breksi, Lava Breksi, Sisipan Tuff, Breksi Konglomerat	1582	44	26	0	4	1656
Batulempung, Batulanau, Batulempung	0	292	13	0	10	315
Batugamping	25	163	116	0	0	304
Batupasir	0	0	0	13	4	17
Aluvium, Konglomerat, Batulempung, Batupasir, Batulempung	72	167	66	16	785	1106
Total Kolom	1679	666	221	29	803	3398

“Total Akurasi: $(2788 / 3398) \times 100\% = 82,05\%$ ”

Nilai akurasi pengolahan citra yang lain disajikan pada Tabel 3. Teknik pengolahan citra yang menghasilkan

akurasi bentuklahan dan batuan paling rendah yaitu filter *Lowpass*. Akurasi pada unit bentuklahan sebesar 77,49% dan unit

batuan 78,78%. Hal tersebut dikarenakan pada filter *Lowpass* tidak menghasilkan batas objek yang jelas dan kondisi topografi

yang kurang tegas sehingga penarikan batas menjadi lebih sulit dan kurang detail.

Tabel 3. Nilai akurasi teknik pengolahan citra

No	Teknik Pengolahan Citra	Akurasi Unit Bentuklahan (%)	Akurasi Unit Batuan (%)
1	Fusi <i>Hue, Saturation, and Value</i>	80,78	81,49
2	Fusi <i>Principal Component</i>	81,40	82,05
3	Fusi <i>Gram-Schmidt</i>	78,02	79,49
4	Fusi <i>Brovey</i>	80,67	81,91
5	Pemfilteran <i>Lowpass</i>	77,49	78,78

Pemetaan Batuan dan Struktur Geologi

Kondisi batuan (litologi) Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan memiliki batas-batas yang cukup jelas dimana pada sisi Barat merupakan daerah zona batuan vulkanik yang dihasilkan dari gunungapi purba. Batuan vulkanik memiliki tingkat resistensi yang tinggi sehingga menghasilkan banyak pola aliran dan torehan akibat proses erosi yang terjadi. Batuan vulkanik yang mendominasi di sisi Barat Kabupaten Soppeng Sulawesi Selatan yaitu lava, breksi, dan trakit.

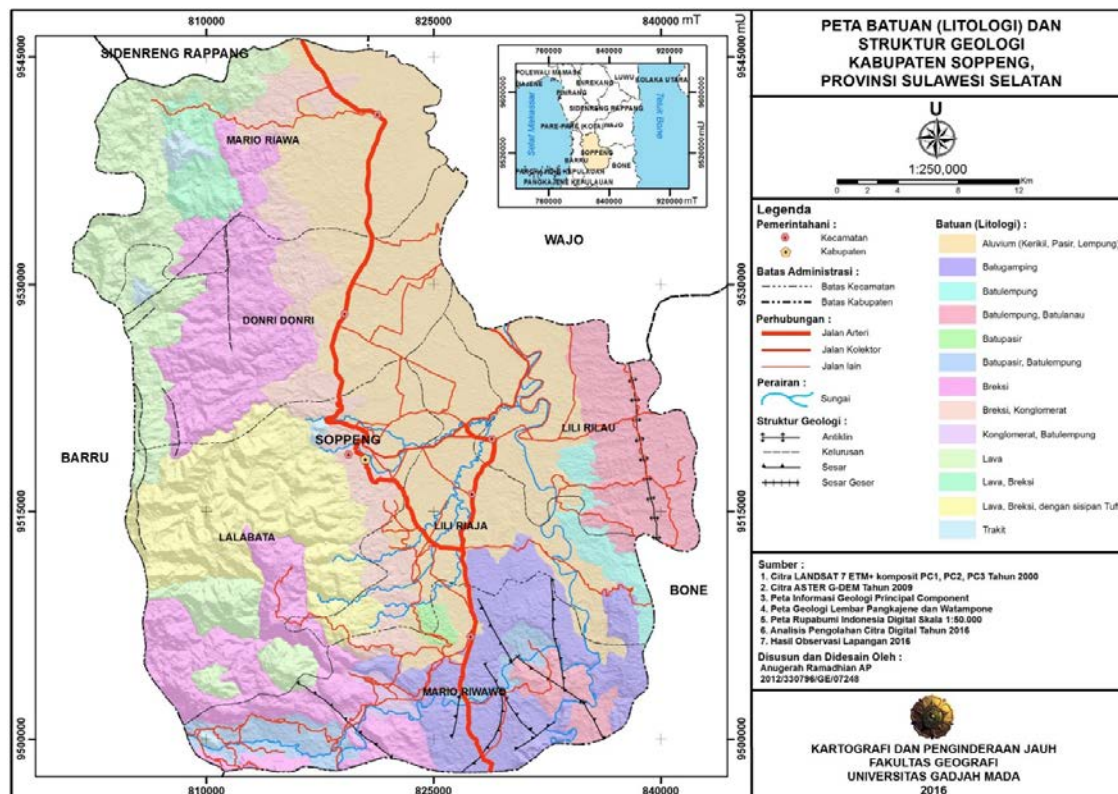
Sisi Selatan didominasi oleh batuan sedimen batugamping, batulempung, batulanau, dan batupasir. Pada daerah tersebut merupakan daerah zona sesar yang cukup banyak yang menyebabkan kondisi permukaan bergelombang dibandingkan dengan sisi Utara. Material sedimen dengan tingkat resistensi yang kurang sehingga menghasilkan topografi permukaan yang tidak terlalu tinggi atau terjal dibandingkan sisi Barat daerah kajian.

Sisi Timur merupakan zona antiklin yang terdiri dari material sedimen batulempung dan batulanau. Material dengan tekstur halus dan ukuran butir sangat kecil tersebut menyebabkan

material tersebut memiliki daya ikat tinggi. Adanya tekanan dari sisi Timur dan Barat menyebabkan material tersebut terlipat sehingga membentuk antiklin dengan material batulempung dan batulanau.

Sisi Utara dan Tengah merupakan daerah dengan proses utama pembentukan material dari aliran sungai atau fluvial. Sungai Walanae merupakan sungai utama yang menyuplai material pada sisi Utara dan Tengah Kabupaten Soppeng. Material Aluvium (kerikil, pasir, dan lempung) merupakan material utama di daerah tersebut. Hasil proses sedimentasi dan proses sortasi menyebabkan daerah tersebut memiliki material dengan tekstur halus.

Struktur geologi Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan terlihat jelas pada sisi Selatan dan Timur. Pada sisi tersebut merupakan daerah struktural yang dikontrol oleh sistem sesar dan lipatan. Sesar, sesar geser, kelurusan, dan antiklin sangat terlihat. Sisi Selatan didominasi oleh adanya sesar dimana dijumpai tebing-tebing terjal dan perbedaan topografi yang sangat tegas. Sisi Timur didominasi oleh adanya antiklin yang diidentifikasi dari adanya pola perlapisan batuan yang terlipat membentuk antiklin yang dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Peta Batuan dan Struktur Geologi Kabupaten Soppeng Sulawesi Selatan

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis data hasil yang diperoleh, fusi *Principal Component* merupakan teknik pengolahan citra terbaik dalam pengenalan bentuklahan, batuan, dan struktur geologi. Nilai akurasi bentuklahan sebesar 81,40% sedangkan akurasi batuan dan struktur geologi sebesar 82,05%.

Kesimpulan berikutnya Kondisi geologi Kabupaten Soppeng terutama sisi Barat memiliki material batuan beku gunungapi yaitu lava, breksi, dan trakit, sisi Selatan batugamping, batulempung, batulanau, dan batupasir, sisi Timur batulempung dan batulanau, Sisi Utara dan Tengah berupa aluvium (kerikil, pasir, dan lempung). Struktur geologi sisi Selatan didominasi sistem sesar dan sisi Timur didominasi lipatan.

DAFTAR PUSTAKA

Danoedoro, P. 1996. *Pengolahan Citra Digital: Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*.

Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Lillesand, T.M and Keifer, R.W. 2007. *Remote Sensing and Image Interpretation, 5th Edition*. New York: John Wiley & Sons.

Mather, P.M. 2004. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images, 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons.

Sitanggang, G., Carolita, I., dan Trisasongko, B.H. 2004. Aplikasi Teknik dan Metode Fusi Data Optik ETM+ Landsat dan SAR RADARSAT untuk Ekstraksi Informasi Geologi Pertambangan Batubara. *Majalah Lapan*. No. 1 Vol. 6, Juni 2004.

Sutanto, dkk. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Zheng, Y. 2011. *Image Fusion and Its Application*. Croatia: Intech.