

## Analisa Perubahan Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Serayu Hulu Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis

### Analysis of Land Use Change in Upper Serayu Watersheds Using Remote Sensing and Geographic Information Systems

Yuari Susanti<sup>1\*</sup>, Syafrudin<sup>2</sup>, Muhammad Helmi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Master Program in Environmental Science, School of Postgraduate Studies, Diponegoro University, Semarang - Indonesia

<sup>2</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University, Semarang - Indonesia

<sup>3</sup>Department of Oceanografi, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Diponegoro University, Semarang - Indonesia\*Corresponding authors: yuari\_santi7@yahoo.co.id

Manuscript received:10 Dec 2019 Revision accepted: 20 Feb 2020

#### ABSTRACT

Globalization and the development of science and technology cause human needs increase. This has an effect on land use, especially in watershed areas. Serayu is one of watershed in Central Java which has problems related to land use, which occurs in the upper of the watershed. Agricultural Intensification, deforestation, an increase in population are factors that drives land use changes in the upper of Serayu watershed. The utilization of watershed areas that ignore spatial rules causes pollution and land degradation. That condition happened and this makes the Serayu watershed one of the priority watersheds for rehabilitation in Indonesia. Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) are tools that used to analyze land use changes that occurred in 2009-2019. Land use are classified into six classes ; water bodies (rivers, lakes, ponds), built-up areas, shrubs, forests, agriculture (rice fields, fields), and empty land.

**Keywords:** land use changes, serayu, remote sensing, GIS, watershed

#### PENDAHULUAN

Lahan merupakan salah satu sumber daya penting dalam upaya pemenuhan kebutuhan hidup. Menurut Notohadiprawiro (1991), lahan adalah suatu sistem yang memiliki fungsi dan struktur tertentu. Sementara Purwowidodo (1983) berpendapat bahwa lahan merupakan suatu lingkungan fisik dimana di dalamnya terdapat iklim, relief tanah, hidrologi dan flora dimana pada kadar tertentu dapat mempengaruhi kemampuan penggunaannya.

Menurut Arsyad (2010), penggunaan lahan merupakan setiap bentuk campur tangan manusia terhadap lahan sebagai suatu upaya untuk memenuhi kebutuhan hidup (material maupun spiritual). Meningkatnya beragam kepentingan manusia menjadikan lahan sebagai salah satu sumberdaya yang rentan dengan perubahan fungsi dan penggunaan. Perubahan penggunaan lahan dapat terjadi setiap waktu, hal tersebut bisa disebabkan oleh faktor alamiah (natural changes) dan dikarenakan ulah manusia (antropogenic) (Kusrini et al., 2011). Perubahan penggunaan lahan merupakan peralihan dalam tagatuna dan tatakelola lahan oleh manusia (Giri, 2012).

Perubahan penggunaan lahan memiliki pola yang berbeda-beda tergantung dari letak secara geografis (Kusrini et al., 2011), tentu akan berbeda antara daerah pegunungan/perdesaan dengan daerah perkotaan. Perubahan penggunaan lahan di kawasan perdesaan biasanya dari lahan konservasi (hutan) beralih menjadi kawasan budidaya pertanian, sementara untuk kawasan perkotaan perubahan penggunaan lahan cenderung identik

dari pertanian menjadi pemukiman, industri, dan infrastruktur.

Sujarto (1980) dalam Fitriyanto (2018) berpendapat bahwa terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap perubahan penggunaan dan penutupan lahan, diantaranya adalah topografi, jumlah penduduk, nilai lahan, sarana dan prasarana, kemudahan akses dan daya dukung lahan. Sementara Barlowe (1986) mengutarakan bahwa faktor fisik lahan, ekonomi, kelembagaan dan kondisi sosial budaya masyarakat memiliki pengaruh terhadap penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan selama rentang waktu tertentu dapat digunakan untuk memprediksikan penutupan dan penggunaan lahan pada waktu yang akan datang (Munibah, 2008). Tutupan lahan merupakan perwujudan material fisik permukaan bumi, mampu menunjukkan korelasi antara dapat proses alami dan proses sosial yang terjadi (Sampurno & Thoriq, 2016). Informasi tutupan lahan yang akurat merupakan salah satu faktor penentu dalam meningkatkan kinerja dari model-model ekosistem, hidrologi, dan atmosfer (Miller SN et al. 2007). Perubahan terhadap kondisi lahan dewasa ini lebih didominasi dari dampak kegiatan manusia bila dibandingkan dengan faktor alamiah (Giri, 2012). Sementara Farida dan Noordwijk (2004), menyebutkan bahwa peningkatan populasi penduduk di kawasan hulu, keterbatasan kepemilikan lahan, besarnya kemiskinan dan semakin meningkatnya kebutuhan secara ekonomi merupakan faktor yang mendorong masyarakat melakukan pembukaan lahan sebagai salah satu sumber mata pencaharian. Perubahan penggunaan lahan pada akhirnya



Tabel 2. Karakteristik Citra Landsat 5 (TM)

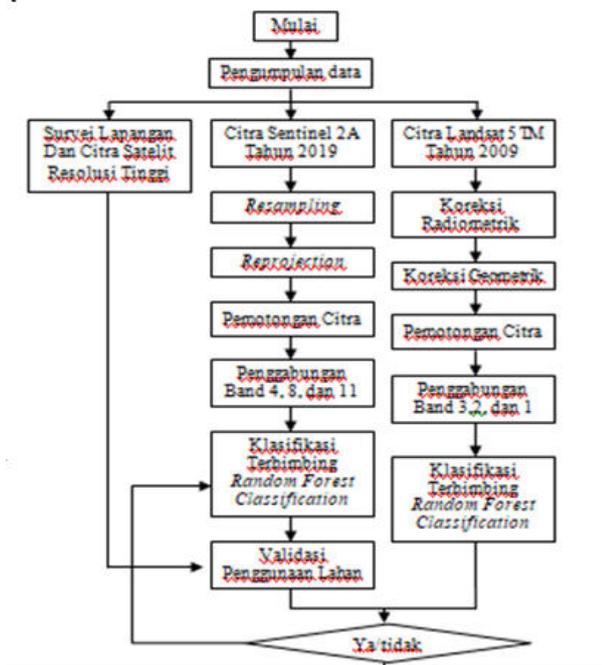
Landsat 5 TM		
Band	Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ )	Resolusi (m)
Band 1	0.45-0.52	30
Band 2	0.52-0.60	30
Band 3	0.63-0.69	30
Band 4	0.76-0.90	30
Band 5	1.55-1.75	30
Band 6	10.40-12.50	120 (30)
Band 7	2.08-2.35	30

Sumber : <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>

Sementara piranti/alat yang diperlukan antara lain laptop dengan *software Microsotof Office, Arc.GIS 10.3*) dan SNAP, ENVI, GPS (*Global Positioning System*), alat tulis, dan kamera.

**Alur Penelitian**

Adapun rencana kerja dari penelitian ini sebagaimana tertuang dalam diagram alir yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**Pengolahan Citra Satelit**

Klasifikasi penggunaan lahan dilakukan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada tahun 2009–2019. Data yang digunakan dalam klasifikasi ini bersumber dari perekaman Citra Satelit Landsat 5 TM dan Sentinel 2A. Tahapan analisis yang dilakukan adalah :

*Pra Pengolahan Citra*

Tahapan pada pra-pengolahan citra terdiri dari proses penajaman citra, koreksi geometrik dan proses pemotongan citra (Simamora M, Sasmito, & Hani’ah, 2015). Pada citra Sentinel 2A tahapan yang dilakukan terdiri dari proses *resampling*, *reprojection*, pemotongan citra dan dilanjutkan dengan proses penggabungan band 4, 8 dan 11. Pada citra sentinel tidak lagi dilakukan koreksi Geometrik dan Radiometrik sebagaimana halnya pada citra Landsat 5 TM. Penajaman citra dilakukan untuk menghasilkan citra yang jelas sehingga memudahkan pada proses interpretasi, pada tahapan ini dilakukan pemotongan citra pada wilayah yang akan digunakan dalam penelitian. Tahapan selanjutnya adalah segmentasi citra, dalam tahapan ini dilakukan pembagian objek citra berdasarkan kesamaan antara satu pixel dengan yang lainnya yang dilanjutkan dengan *region merging* guna memperbaiki kualitas segmentasi dengan melakukan pemisahan secara spectral dan spasial sebelum dilanjutkan dengan proses klasifikasi (Rizcanofana et al., 2013)

*Interpretasi Visual Citra*

Dalam proses interpretasi ini, digunakan perpaduan antara data penutupan lahan hasil interpretasi secara digital dan secara visual (lapangan). Interpretasi visual citra bertujuan meningkatkan keakuratan hasil interpretasi dan model prediksi penutupan lahan yang dihasilkan (Fitriyanto, 2018). Klasifikasi merupakan tahapan lanjut dari segmentasi yang diperoleh dengan kombinasi hasil segmentasi citra dengan metode *example based*, dengan cara memilih sample untuk pengecekan pada masing-masing objek yang telah tersegmentasi (Rizcanofana et al., 2013). Kelas penggunaan lahan yang dijumpai di kawasan penelitian dapat digolongkan menjadi enam kelas yaitu badan air ( sungai, danau, kolam ) , area terbangun, semak belukar, hutan, pertanian ( sawah, ladang, tegalan), lahan kosong.

*Pengecekan Kondisi Lapangan*

Tujuan dari pengecekan lapangan adalah mengetahui kesamaan penggunaan lahan antara hasil interpretasi citra dengan kondisi yang sebenarnya. Proses pengecekan dilakukan setelah diketahui jumlah populasi, ukuran sampel dan teknik pengambilan sampel. Pada penelitian ini teknik sampling yang digunakan dalam pengecekan lapangan adalah *Proportionate Stratified Random Sampling*, dalam teknik ini pengambilan nilai tiap titik berstrata atau bertingkat sesuai luas penggunaan lahan di setiap kelas, sehingga kelas yang memiliki luasan lebih besar akan memiliki nilai titik uji lebih banyak. Pengambilan titik uji juga dilakukan secara acak agar tetap obyektif. Hasil cek lapangan kemudian dibandingkan dengan nilai interpretasi yang sudah dilakukan.

*Uji Akurasi*

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan hasil interpretasi citra dengan hasil pengecekan di lapangan. Uji akurasi dilakukan dengan *Kappa Accuracy (KA)* dan menggunakan metode *Confusion matrix*. Koefisien Kappa didasarkan pada konsistensi penilaian dengan mempertimbangkan semua aspek seperti akurasi pembuat dan akurasi pengguna yang diperoleh dari matrik kesalahan atau *confusion matrix* (Simamora M et al., 2015).

*Confusion Matrix* merupakan sebuah matrik yang berisi jumlah pixel yang di klasifikasikan, dimana membandingkan informasi pada area referensi dengan informai yang diperoleh dari hasil klasifikasi citra pada lokasi terpilih (Fitriyanto, 2018). *Confusion matrix* tertuang dalam Tabel 3.

Tabel 3. Confusion matrix

	Klasifikasi Penutupan Lahan			Luas Referensi (Xi)	
	1	2	3		
	Referensi	1	X11		X12
	2	X21	X22	X23	X2i
	3	X31	X32	X33	X3i
Luas Hasil Klasifikasi (Xj)	X1j	X2j	X3j	Luas Total (XT)	
Overall Accuracy = (X11+X22+X33)/XT*100%					

Sumber : (Fitriyanto, 2018)

Uji akurasi di penelitian ini menggunakan perhitungan uji statistik kappa dengan formula sebagai berikut :

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

Keterangan :

- R = jumlah baris dalam matriks kesalahan
- X<sub>ii</sub> = jumlah observasi pada baris i dan lajur i (pada diagonal utama)
- X<sub>i+</sub> = jumlah observasi pada baris i (jumlah tepian kanan matriks)
- X<sub>+i</sub> = jumlah observasi pada lajur i (jumlah pada dasar matriks)
- N = jumlah total pengamatan pada matriks (jumlah pada sudut kanan bawah)

Nilai koefisien Kappa berada pada interval 0 sampai 1, dan dalam pemetaan tutupan lahan nilai akurasi yang dapat diterima adalah 0,85 (85%) (Simamora M et al., 2015). Adapun penjelasannya sebagaimana tertuang dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kesepakatan Kappa

Nilai K	Kekuatan Kesepakatan
< 0,00	Buruk ( <i>Poor</i> )
0,00-0,20	Rendah ( <i>Slight</i> )
0,21-0,40	Cukup ( <i>Fair</i> )
0,41-0,60	Sedang ( <i>Moderate</i> )
0,61-0,80	Baik ( <i>Substantial</i> )
0,81-1,00	Sangat Baik ( <i>Almost Perfect</i> )

Sumber : Landis & Koch (1977) dalam (Fitriyanto, 2018)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu fenomena yang tidak dapat dihindari dan terjadi hampir di seluruh bagian dunia. Kondisi ini merupakan dampak dari peningkatan jumlah penduduk dan upaya pemenuhan kebutuhan hidup. Dalam kajian ini, analisa perubahan penggunaan lahan di lakukan dengan menggunakan penginderaan jauh yang dilanjutkan dengan pengolahan hasil melalui system informasi geografis. Penggunaan lahan yang dikaji adalah penggunaan lahan tahun 2009 dan 2019. Peta penggunaan lahan bersumber dari interpretasi citra satelit resolusi tinggi, yaitu Landsat 5 TM untuk tahun 2009 dan citra satelit Sentinel Level 2A untuk tahun 2019. Proses klasifikasi penggunaan lahan dilakukan melalui klasifikasi terbimbing dengan menggunakan Algoritma *Random Forest*. Klasifikasi terbimbing merupakan salah satu jenis klasifikasi digital dimana dilakukan pengelompokan tipe penggunaan lahan dengan terlebih dahulu menetapkan beberapa daerah contoh, penetapan didasarkan pada tujuan yang ingin dicapai dan pengetahuan operator terhadap wilayah yang dikaji (Kushardono, Dony 2017).

*Random Forest Classification* merupakan salah satu jenis klasifikasi non-parametrik yang sering digunakan dalam klasifikasi penggunaan lahan, keunggulan dari metode ini antara lain memiliki akurasi yang tinggi serta bisa menentukan variabel-variabel penting dan meminimalisasi kesalahan penilaian (Jhonnerie et al., 2015). Jika dibandingkan dengan sistem klasifikasi berbasis mesin, klasifikasi ini lebih stabil meskipun dilakukan dengan penyetulan dan piranti yang berbeda (Phiri, Darius et al., 2018). Pada penelitian ini, *software* yang digunakan dalam pengolahan data citra terdiri dari dua jenis yaitu SNAP untuk interpretasi citra Sentinel Level 2A dan ENVI untuk interpretasi citra Landsat 5 TM.

Tabel 5. *Confusion matrix* uji akurasi penutupan lahan hasil Klasifikasi *Random Forest*

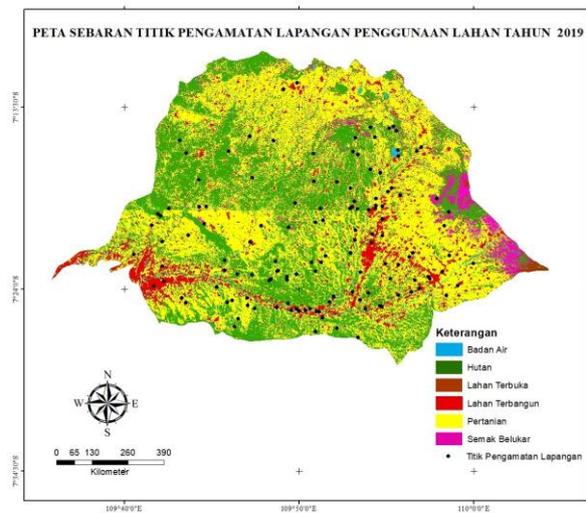
Tipe Penggunaan Lahan	Referensi							Total	User's Accuracy	Error of Comission
	Badan Air	Hutan	Lahan Terbuka	Lahan Terbangun	Pertanian	Semak Belukar				
Badan Air	1	-	-	-	-	-	1	100,00	-	
Hutan	-	33	-	-	3	-	36	91,67	8,33	
Lahan Terbuka	-	-	2	-	-	-	2	100,00	-	
Lahan Terbangun	-	-	-	11	2	-	13	84,62	15,38	
Pertanian	-	3	-	-	41	-	44	93,18	6,82	
Semak Belukar	-	-	-	-	-	4	4	100,00	-	
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>46</b>	<b>4</b>	<b>100</b>			
Producer's Accuracy	100,00	91,67	100,00	100,00	89,13	100,00	Overall Accuracy	92,00		
Error of Omission	-	8,33	0,00	-	10,87	-	Kappa Index	0,88		

Dalam proses klasifikasi, penggunaan lahan digolongkan menjadi enam tipe yaitu badan air, hutan, lahan terbuka, lahan terbangun, pertanian dan semak belukar. Tabel 5 menunjukkan perhitungan *Confusion Matrix* untuk mengetahui tingkat akurasi peta penggunaan lahan yang dihasilkan dari interpretasi citra. Penentuan jumlah titik pengamatan lapangan dilakukan berdasarkan rumus *Slovin* dengan batas toleransi 10%, sehingga di hasilkan 100 titik pengamatan. Gambar 3.1 berisikan 100 titik pengamatan lapangan yang akan digunakan dalam validasi penggunaan lahan hasil interpretasi citra. Teknik sampling yang digunakan dalam pengecekan lapangan adalah *Proportionate Stratified Random Sampling*, dalam teknik ini pengambilan nilai tiap titik berstrata atau bertingkat sesuai luas penggunaan lahan di setiap tipe, sehingga pada tipe penggunaan lahan yang memiliki luasan lebih besar akan memiliki nilai titik uji lebih banyak, demikian sebaliknya. Pengambilan titik uji juga dilakukan secara acak guna menjaga obyektifitas.

Berdasarkan hasil uji akurasi diketahui bahwa nilai *overall accuracy* untuk peta penggunaan lahan tahun 2019 sebesar 92 % sementara nilai *Kappa Index* sebesar 0,88. Hasil uji akurasi tersebut menunjukkan bahwa peta penggunaan lahan yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi yang baik dengan predikat Sangat Baik (*Almost Perfect*).

Gambar 4 menunjukkan peta penggunaan lahan pada tahun 2009 dan 2019 dan Gambar 5 menunjukkan luasan setiap penggunaan lahan pada tahun 2009 dan 2019 beserta perubahannya. Dari hasil perhitungan luas penggunaan lahan tahun 2009, dapat diketahui bahwa luas hutan 50.103,10 Ha (50,98%), pertanian 31.665,61 Ha (32,22%), lahan terbangun 11.170,00 Ha (11,37%), semak belukar 3.045,25 Ha (3,10%), badan air 1.139,71 Ha (1,16%), dan lahan terbuka 1.152,52 Ha (1,17%). Dapat terlihat bahwa hutan dan pertanian mendominasi penggunaan lahan di area Serayu Hulu, dengan luas hutan lebih besar daripada

luas areal pertanian, diikuti lahan terbangun, semak belukar, badan air dan lahan terbuka.

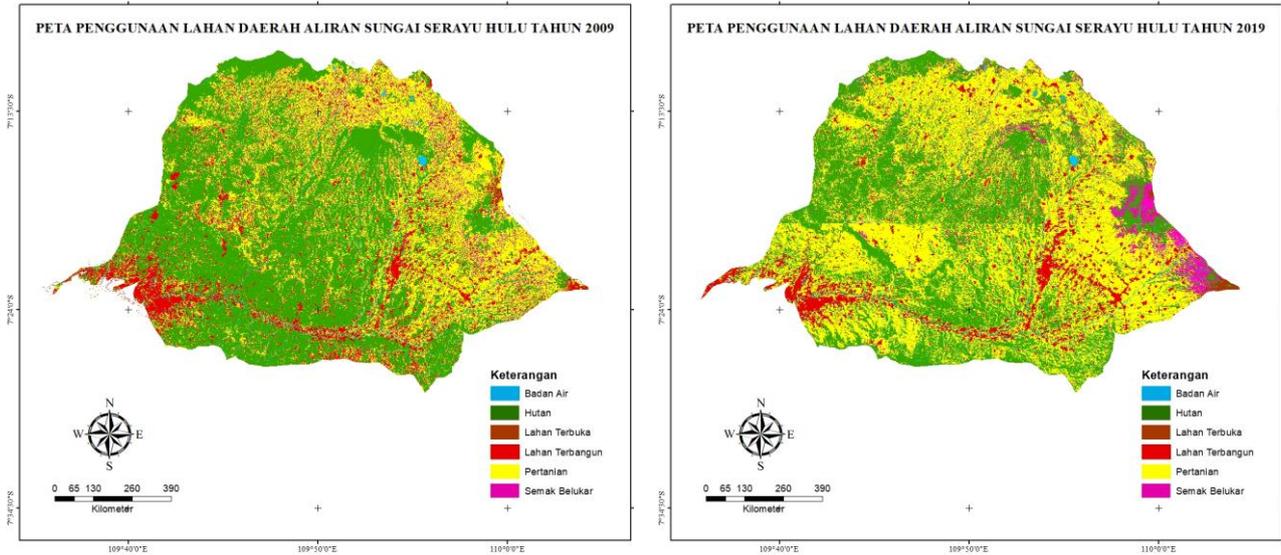


Gambar 3. Peta Sebaran Titik Pengamatan Penggunaan Lahan DAS Serayu Hulu Tahun 2019

Sementara pada tahun 2019 dihasilkan perhitungan bahwa hutan 36.195,80 Ha (36,83%), pertanian 42.927,27 Ha (43,68%), lahan terbangun 12.610,38 Ha (12,83%), semak belukar 3.946,11 Ha (4,02%), badan air 1.139,71 Ha (1,16%), dan lahan terbuka 1.456,92 Ha (1,48%). Pada tahun 2019 hutan dan pertanian masih mendominasi tipe penggunaan lahan, hanya saja luasannya berubah dimana lahan pertanian lebih besar daripada lahan hutan, diikuti lahan terbangun, semak belukar, lahan terbuka dan badan air. Perubahan yang cukup signifikan terjadi pada luas areal hutan dan lahan pertanian, dimana selama kurun waktu 10 tahun terjadi penurunan luas hutan sebesar 13.907,30 Ha

dan penambahan areal pertanian sebesar 11.261,66 Ha. Sedangkan untuk lahan terbangun terjadi peningkatan sebesar 1.440,38 Ha, penambahan luas areal ini lebih didominasi dengan penambahan areal pemukiman yang ditunjukkan dengan perluasan pada pemukiman-pemukiman yang sudah ada pada tahun 2009, penambahan jumlah penduduk dan dominasi sektor pariwisata merupakan faktor pendorong peningkatan penggunaan lahan dengan kategori lahan terbangun terutama pemukiman. Semak

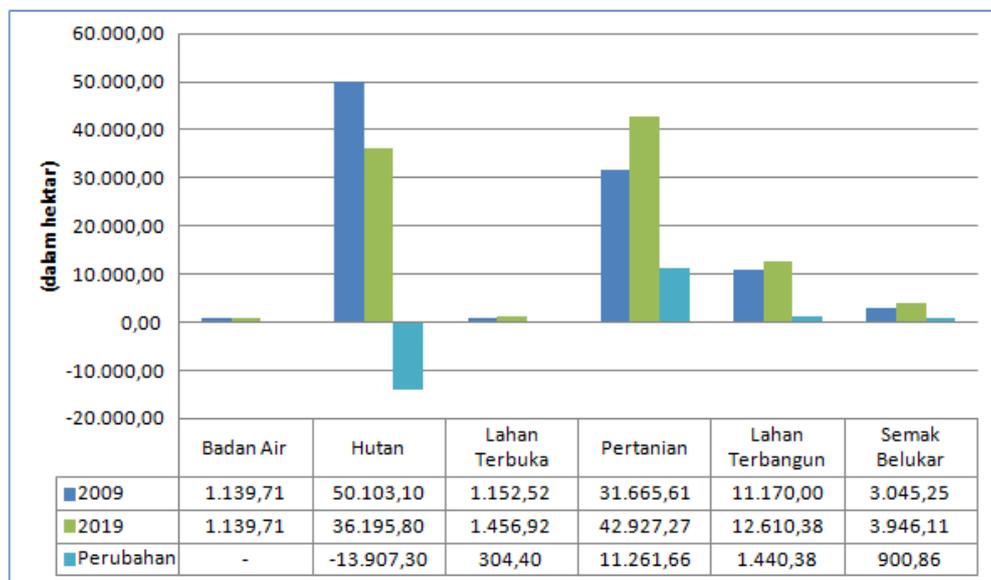
belukar merupakan tipe penggunaan lahan yang mengalami peningkatan luasan sebesar 900,86 Ha, perluasan areal semak belukar dapat terlihat pada peta terjadi di areal puncak Gunung Sindoro dan Gunung Sumbing. Kedua Gunung ini diketahui memiliki puncak yang gersang dan rawan dengan kerusakan akibat kebakaran hutan. Sedangkan untuk lahan terbuka penambahan luas penggunaan tidaklah terlalu besar, yaitu 304,40 Ha dan badan air cenderung tetap.



Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan DAS Serayu Hulu Tahun 2009 dan 2019

Penggunaan lahan yang didominasi dengan kawasan pertanian menunjukkan bahwa fungsi konservasi DAS Serayu tidak berjalan secara optimal dimana seharusnya kawasan DAS didominasi dengan hutan guna menjaga keseimbangan ekosistem dan fungsinya. Penurunan luas hutan sebesar 13.907,30 Ha selama 10 tahun dari luas 50.103,10 Ha (50,98%) menjadi 36.195,80 Ha (36,83%)

merupakan jumlah yang cukup besar. Dapat dikatakan bahwa rata-rata penurunan luas hutan per tahunnya adalah 1.390,73 hektar/tahun dan jika kondisi tersebut dibiarkan begitu saja maka dalam 26 tahun ke depan dapat diprediksikan bahwa sisa hutan yang ada di kawasan DAS Serayu Hulu dapat hilang berubah penggunaan menjadi peruntukan lainnya.



Gambar 5. Diagram Luas dan Persentase Penggunaan Lahan DAS Serayu Hulu Tahun 2009 dan 2019

Perubahan penggunaan lahan di kawasan DAS Serayu Hulu juga merupakan salah satu efek dari tata ruang di sekitar kawasan ini, dimana dalam Raperda Perubahan atas Perda Nomor 6 Tahun 2010 tentang RTRW Provinsi Jawa Tengah Tahun 2009-2029, peruntukan kawasan di sekitar DAS Serayu tidak semata-mata dikhususkan untuk kawasan konservasi dan perlindungan lingkungan, tetapi juga untuk kegiatan pertanian, pariwisata, bahkan menjadi salah satu kawasan sumber bahan tambang batuan dan sejenisnya, hal tersebut merupakan suatu kontradiksi dua kepentingan yang berbeda haluan. Pengelolaan kawasan DAS menjadi lebih kompleks dikarenakan perubahan program pembangunan DAS dari area konservasi menjadi program pembangunan dan penghidupan pedesaan yang komprehensif (Ratna *et al.*, 2017).

Dengan melihat kondisi tersebut maka diperlukan sinergi antara pemangku kebijakan dan masyarakat, sehingga ekosistem DAS Serayu Hulu dapat terjaga keberlangsungannya baik dari segi fungsi maupun keberadaannya.

### KESIMPULAN

Analisis perubahan penggunaan lahan di kawasan daerah aliran sungai merupakan salah satu kajian yang krusial, demikian pula pada DAS Serayu bagian hulu. Hal tersebut erat kaitannya dengan fungsi DAS itu sendiri. Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis merupakan salah satu *tools* yang tepat guna memetakan kondisi aktual terkait dengan penggunaan lahan, dilihat dari segi akurasi dan efisiensi yang dihasilkan. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode ini menunjukkan hasil yang akurat dimana ditunjukkan dengan nilai *overall accuracy* sebesar 92 % dan nilai Kappa Index sebesar 0,88 (Sangat Baik/*Almost Perfect*).

Hasil interpretasi citra menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang cukup signifikan pada kawasan DAS Serayu Hulu yaitu penurunan hutan sebesar 13.907,30 Ha, peningkatan lahan pertanian 11.261,66 Ha, peningkatan lahan terbangun 1.440,38 Ha, peningkatan semak belukar 900,86 Ha, lahan terbuka 304,40 Ha dan badan air dalam jumlah tetap. Perubahan signifikan pada hutan merupakan kondisi yang perlu diwaspadai terkait dengan fungsi kawasan DAS Hulu yang merupakan kawasan konservasi. Sinergi antara pemangku kebijakan dan masyarakat, merupakan salah satu usaha yang harus ditempuh terkait dengan upaya penjagaan fungsi kawasan DAS Serayu Hulu sebagai kawasan konservasi sehingga keseimbangan ekosistem dapat terjaga dengan baik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bappenas atas beasiswa yang diberikan dalam menempuh pendidikan S2. ESRI Indonesia dan Laboratorium Corem Universitas Diponegoro-Semarang.

### DAFTAR PUSTAKA

Notohadiprawiro, T. (1991). *Tanah dan lingkungan. Kursus AMDAL Pusat Penelitian Lingkungan Hidup*. Yogyakarta, Indonesia: Universitas Gadjah Mada.

- Purwowidodo. (1983). *Teknologi Mulsa*. Jakarta, Indonesia: Dewaruci Press.
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor, Indonesia: IPB Press.
- Fitriyanto, B. R. (2018) *Pengaruh Dinamika Lahan Urban Terhadap Sebaran Kekritian Daerah Resapan Pada Daerah Aliran Sungai Yang Bermuara Di Teluk Jakarta*. Universitas diponegoro.
- Kusrini, Suharyadi dan Hardoyo, S. R. (2011). *Perubahan penggunaan lahan dan faktor yang mempengaruhinya di kecamatan gunungpati kota semarang,* *Majalah Geografi Indonesia*, 25(1), hal. 25–420.
- Giri, C. P. (2012). *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications*. R. Indiana: CRC Press.
- Suryanto. (2013). *antara, Antara news*. From : <https://www.antaranews.com/berita/356260/282-das-di-indonesia-kritis>.
- Barlowe, R. (1986). *Land Resources Economics*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Munibah, K. (2008). *Model spasial perubahan penggunaan/penutupan lahan dengan pendekatan cellular automata: Studi Kasus DAS Cidanau, Provinsi Banten*. *Globe*. 10. hal. 108–120.
- Sampurno, R. M. dan Thoriq, A. (2016). *Klasifikasi tutupn lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (oli) di kabupaten sumedang*. *Jurnal Teknotan*. 10.
- Miller SN, Phillip Guertin D, G. D. (2007). *Hydrologic modeling uncertainty resulting from land cover misclassification*. *Journal of the American Water Resources Association*.
- Farida dan Noordwijk, M. V. (2004). *Analisis debit sungai akibat alih guna lahan dan aplikasi model gerriver pada das way besai, sumberjaya*. *Agrivita*. 26(1). hal. 39–47.
- Kehutanan, K. (2009) *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 32/Menhut-II/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTKRHL-DAS)*. From pada: <http://sjdgge.ppj.unp.ac.id>.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press.
- Suripin (2002) *Pengelolaan Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta, Indonesia: Andi.
- Syah, A. F. (2010). *Penginderaan jauh dan aplikasinya di wilayah pesisir dan lautan*. *Jurnal Kelautan*. 3(1).
- Jariyah, N. A. dan Pramono, I. B. (2013). *Kerentanan sosial ekonomi dan biofisik di das serayu*. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 10(3). hal. 141–156.
- Iurist, N, Stasescu, F dan Lates, I. (2016). *Analysis of land cover and land use changes using SENTINEL-2 images*. *PESD. VOL. 10.No 2*
- Andini, SW, Prasetyo, Y, Sukmono, A. (2018). *Analisis sebaran vegetasi dengan citra satelit sentinel menggunakan metode ndvi dan segmentasi (studi kasus: kabupaten demak)*. *Jurnal Geodesi Undip*. Volume 7 Nomor 1.
- ESA. 2015. *Sentinel-2 user handbook* ESA Standart Document, European Space Agency (1):1-64

- <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>
- Rizcanofana, R, Handayani, H. H. dan Deviantari, U. W. (2013) "Metode klasifikasi digital untuk citra satelit beresolusi tinggi worldview-2 pada unit pengembangan kertajaya dan dharmahusada Surabaya," *Jurnal Teknik Pomits*.
- M, F. B. S., Sasmito, B. dan Haniah. (2015). "Kajian metode segmentasi untuk identifikasi tutupan lahan dan luas bidang tanah menggunakan citra pada google earth (studi kasus : kecamatan tembalang, semarang." *Jurnal Geodesi Undip*.4.
- Kushardono, D.(2017). *Klasifikasi Digital Pada Penginderaan Jauh*. Bogor, Indonesia: IPB Press.
- Jhonneriea ,R *et al.*(2015). Random forest classification for mangrove land cover mapping using Landsat 5 TM and ALOS PALSAR imageries. *Procedia Environmental Sciences* 24 .215 – 221.
- Phiria, *et al.*(2018). Effects of pre-processing methods on Landsat OLI-8 land cover classification using OBIA and random forests classifier. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation* 73. 70–178
- Ratna Reddy, V., Saharawat, Y. S. dan George, B. (2017).Watershed management in South Asia: A synoptic review.*Journal of Hydrology*. 551(May), hal. 4–13.