

# Proyeksi Konservasi Tanah dan Air Mitigasi Penurunan Jasa Lingkungan Tata Hidrologi DAS Hulu Brantas

Raushanfikh Bushron<sup>1\*</sup>, Latief Mahir Rachman<sup>2</sup>, Dwi Putro Tejo Baskoro<sup>2</sup>, Soemarno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Departemen Ilmu Tanah dan Pengelolaan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

## ABSTRAK

Jasa lingkungan pengaturan hidrologi DAS berupa Koefisien Rezim Aliran (KRA) dan Koefisien Aliran tahunan (KAT) mengalami penurunan kualitas akibat perubahan penggunaan lahan. Upaya konservasi tanah dan air memiliki peranan penting dalam memperbaiki jasa lingkungan DAS, sehingga untuk melakukan upaya mitigasi dampak perubahan penggunaan lahan di masa yang akan datang, perlu dilakukan proyeksi arahan teknik konservasi tanah dan air. Penelitian ini memiliki 3 skenario yaitu 1). Skenario A (eksisting tahun 2019), 2) Skenario B (Proyeksi Penggunaan lahan tahun 2029), 3) Skenario C (penerapan KTA Proyeksi Penggunaan lahan 2029). Analisis pada penelitian ini menggunakan 2 analisis yaitu; 1) CA-Markov untuk menentukan proyeksi penggunaan lahan 2) Soil and Water Assessment Tool untuk menentukan nilai KRA dan KAT. Hasil yang didapatkan dari analisis proyeksi CA-Markov didapatkan bahwa penggunaan lahan ditahun 2029 mengalami peningkatan terbesar pada penggunaan lahan permukiman yaitu sebesar 4100 Ha, sedangkan penggunaan lahan vegetatif berupa lahan pertanian dan hutan mengalami penurunan sebesar 4785 Ha. Nilai KRA skenario B diseluruh sub-DAS lebih tinggi dibandingkan pada skenario A, hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan fungsi hidrologi DAS pada proyeksi tahun 2029 dibanding pada tahun 2019. Nilai KRA pada skenario C lebih rendah di seluruh sub-DAS dibandingkan dengan skenario B, bahkan di sebagian sub-DAS nilai KRA skenario C lebih rendah dari skenario A. hal tersebut menunjukkan arahan KTA dapat memperbaiki nilai KRA akibat penggunaan lahan proyeksi 2029, bahkan nilai KRA nya dapat lebih baik dari penggunaan lahan eksisting tahun 2029. Nilai KRA pada skenario C lebih rendah di seluruh sub-DAS dibandingkan dengan skenario B, bahkan di sebagian sub-DAS nilai KRA skenario C lebih rendah dari skenario A. hal tersebut menunjukkan arahan KTA dapat memperbaiki nilai KRA akibat penggunaan lahan proyeksi 2029, bahkan nilai KRA nya dapat lebih baik dari penggunaan lahan eksisting tahun 2029.

**Kata kunci:** Konservasi, Jasa Lingkungan, Penggunaan Lahan, Hidrologi

## ABSTRACT

Watershed hydrological regulation environmental services in the form of Flow Regime Coefficient (KRA) and Annual Flow Coefficient (KAT) have decreased in quality due to changes in land use. Soil and water conservation efforts have an important role in improving watershed environmental services, so that in order to mitigate the impacts of future land use changes, it is necessary to project directions for soil and water conservation techniques. This study has 3 scenarios, namely 1). Scenario A (existing in 2019), 2) Scenario B (Land Use Projection in 2029), 3) Scenario C (implementation of KTA Land Use Projection in 2029). The analysis in this study uses 2 analyzes, namely; 1) CA-Markov to determine land use projections 2). Soil and Water Assessment Tool to determine KRA and KAT values. The results obtained from the CA-Markov projection analysis showed that land use in 2029 experienced the largest increase in residential land use, which was 4100 Ha, while the use of vegetative land in the form of agricultural and forest land decreased by 4785 Ha. The KRA value in scenario B in all sub-watersheds is higher than in scenario A, this indicates that there is a decrease in the hydrological function of the watershed in the 2029 projection compared to 2019. The KRA value in scenario C is lower in all sub-watersheds compared to scenario B, even in some sub-watersheds the KRA value in scenario C is lower than scenario A. This shows that the KTA direction can improve the KRA value due to the projected land use in 2029, even the KRA value can be better than the existing land use in 2029. The KRA value in scenario C lower in all sub-watersheds compared to scenario B, even in some sub-watersheds the value of KRA in scenario C is lower than scenario A. This shows that the KTA direction can improve the KRA value due to the projected land use in 2029, even the KRA value can be better of existing land use in 2029.

**Keywords:** Conservation, Ecosystem Service, Land-Use, Hydrology

**Sitasi:** Bushron, R., Rachman, L.M., Baskoro, D.P.T., Soemarno, S. (2022). Proyeksi Konservasi Tanah dan Air Mitigasi Penurunan Jasa Lingkungan Tata Hidrologi DAS Hulu Brantas. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 474-483, <http://doi.org/10.14710/jil.20.3.474-483>

## 1. Pendahuluan

Daerah aliran Sungai (DAS) Brantas telah dinyatakan berstatus kritis sejak 1989 (Mariyanto et al., 2019), dalam pengelolaan DAS, kurang tepatnya

perencanaan penggunaan lahan berdampak pada penurunan fungsi DAS, sehingga menimbulkan degradasi DAS (Yalew et al., 2018), sehingga memungkinkan status DAS Brantas menjadi lebih kritis

\* Penulis korespondensi: bushron.r@ub.ac.id

akibat aktifitas perubahan penggunaan lahan DAS yang tidak tepat. Jenis penggunaan lahan di Das Hulu Brantas sangat heterogen, yang tersebar pada seluruh bagian DAS Hulu Brantas. (Mariyanto et al., 2019). Penelitian Nurriszqi dan Suyono, 2012 menunjukkan adanya peningkatan debit puncak banjir, sebesar 96,79 m<sup>3</sup>/s pada tahun 2003 kemudian meningkat signifikan pada tahun 2007 menjadi 189,19 m<sup>3</sup>/s, hal tersebut merupakan akibat dari perubahan penggunaan lahan DAS hulu Brantas pada rentang tahun 2003 hingga 2007.

Jasa Lingkungan DAS memiliki 4 jenis fungsi yaitu *provesioning service, regulating service, suport service* dan *culture service*. Tata hidrologi berupa nilai koefisien rezim aliran dan nilai koefisien aliran tahunan merupakan bentuk dari fungsi Regulating service DAS. Penelitian Wibowo, et al 2013 menyebutkan bahwa KAT DAS Konto Brantas masuk kategori buruk (0,51-1,00) dengan hasil rata – rata nilai KAT pada rentang waktu 2003 hingga 2012 yaitu 0,52. Penelitian Utami, et al, 2017 menyebutkan bahwa perubahan penggunaan lahan dari tahun 2005 hingga 2015 di DAS Kreo menyebabkan penurunan jasa lingkungan tata air. Nilai KRA pada tahun 2015 berada pada rentang 19,50 -22,00. Tingginya nilai KRA disebabkan karena debit Sungai Kreo sebagian besar menjadi air limpasan. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap fungsi jasa lingkungan tata air DAS juga telah diteliti oleh Nugroho et al., 2018 yang menyebutkan bahwa menurunnya kondisi hidrologi Sub DAS Cicitih akibat dari perubahan penggunaan lahan. Nilai KRA pada rentang tahun 2009-2014 mengalami kenaikan signifikan, semula berkategori sedang berubah sangat tinggi. Selain itu, nilai KAT juga menunjukkan kenaikan kategori awalnya sedang berubah berkategori tinggi. Peningkatan nilai KRA dan KAT mengindikasikan adanya penurunan jasa lingkungan tata air DAS.

Upaya pengelolaan pengelolaan DAS yang dapat dilakukab untuk memperbaiki kondisi tata hidrologi DAS yaitu penerapan teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA). Teknik KTA terbagi menjadi dua jenis yaitu KTA Vegetatif dan KTA Sipil-Teknis. Teknik KTA Vegetatif berupa Tanaman tegakan dan sayuran dapat mengurangi erosi tanah, penelitian Huang et al., 2019 menunjukkan kanopi tanaman tegakan dapat melindungi permukaan tanah dari pukulan air hujan dengan baik. Tanaman berupa rerumputan dan legume memiliki sistem perakaran yang luas sehingga memperbaiki struktur kemantapan tanah sehingga membantu mengurangi pengikisan tanah, serta mengurangi kehilangan air melalui proses evapotranspirasi dan menguap ke atmosfer, sehingga tata air DAS menjadi baik sehingga infiltrasi menjadi baik (Kristofery et al., 2019). Pengelolaan DAS dengan teknik KTA berdampak positif pada fungsi hidrologinya. Penelitian Nyssen et al., 2010 menyebutkan terjadi penurunan DRO sebesar 81% (dari 8% sebelum penerapan KTA turun menjadi 1,6% setelah penerapan KTA). Hal tersebut disebabkan

teknik konservasi tanah dan air dapat memperbaiki infiltrasi dan memperbaiki sifat fisik tanah.

Proyeksi konservasi konservasi tanah dan air memiliki peranan penting untuk menghindari dampak buruk perubahan penggunaan lahan terhadap penurunan tata hidrologi DAS Hulu Brantas., sehingga mampu menstabilkan Fungsi DAS untuk kepentingan manusia dan lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan proyeksi teknik konservasi tanah dan air pada penggunaan lahan tahun 2029 di DAS Hulu Brantas, sebagai bentuk mitigasi penurunan fungsi jasa lingkungan pengaturan hidrologi DAS Hulu Brantas.

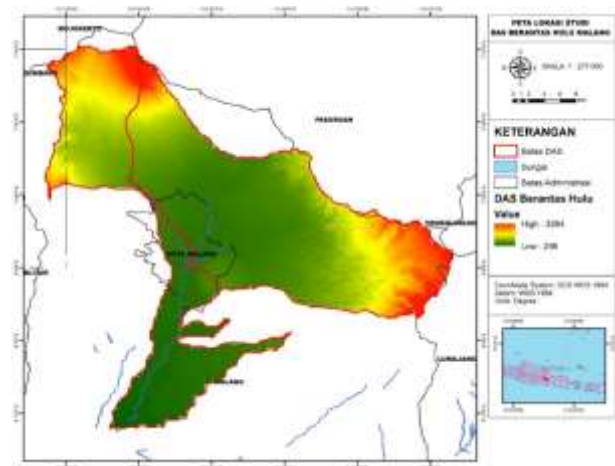
## 2. Metodologi

### 2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan, di DAS Brantas bagian hulu. DAS Brantas hulu terletak di Kota Batu, Kabupaten Malang dan Kota Malang terlihat pada Gambar 1.

### 2.2 Alat dan Input Data

Alat yang digunakan yaitu Laptop, GPS, Kamera, aplikasi Soil and Water Assesment Tools (SWAT), Arc-GIS, dan IDRISI 4.0. Analisis yang digunakan serta sumber data dari bahan yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 1 berikut. Bahan input data digunakan untuk analisis SWAT dan penentuan proyeksi penggunaan lahan menggunakan software IDRISIData yang digunakan pada penelitian ini meliputi Citra Landsat 7 OLI/TIRS tahun 2009, Citra Landsat 8 tahun 2009, 2014, dan 2019 sebagai bahan analisis CA-Markov. Selanjutnya input data peta meliputi peta Batas Sub DAS Brantas, skala 1:50.000, peta penggunaan Lahan dan tutupan lahan skala 1:50.000 tahun 2019, Peta Tanah detail skala 1:50.000, Peta *Digital Elevation Model (DEM)* 8 m x 8 m. Data Iklim 2009-2019 berupa; Curah Hujan, Suhu Udara, Kecepatan Angin, Radiasi Matahari, dan Kelembaban Udara. Data parameter sungai berupa Debit Sungai tahun 2009 hingga 2019.



Gambar 1 Peta DAS Hulu Brantas

**Tabel 1.** Bahan Data Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data	Analisis
1	Citra Landsat 7 OLI/TIRS tahun 2009, Citra Landsat 8 tahun 2014, dan 2019	USGS	Markov-cellular automata (CA)
2	Peta Batas Sub-DAS Brantas	BPDAS-HL Brantas	
3	Peta Penggunaan Lahan dan tutupan lahan Skala 1:50.000 tahun 2009, 2014, dan 2019	BBSDLP	
4	Digital Elevation Model (DEM) 8 m x 8 m	DEMNAS BIG	Deliniasi DAS (SWAT)
5	Data Iklim 2009-2019 (Kelembaban Udara, Curah Hujan, Kecepatan Angin, Suhu Udara, dan Radiasi Matahari)	Pengukuran CRC990, IRIDL, ECMWF, BMKG	- Metode Penman Monteith - SCS CN (SWAT) - Recession (SWAT) - Routing Method (SWAT)
6	Data Debit Sungai 2009-2019	BPDAS Sampean Brantas	- Kalibrasi dan Validasi
7	Peta Tanah skala 1:50.000	BBSDLP	Overlay Peta (SWAT)

### 2.3 Prosedur Pemodelan

#### 2.3.1. Proyeksi penggunaan lahan DAS Hulu Brantas pada tahun 2029

Proyeksi penggunaan lahan pada penelitian ini menggunakan sel gambar grid, dan pola spasial penggunaan lahan secara keseluruhan dengan Interval waktu 5 tahun, sehingga jumlah siklus untuk otomat seluler adalah 5 (Hadi et al., 2014). Pertama, matriks pengalihan penggunaan lahan dan matriks probabilitas transisi keadaan dari tahun 2009 ke 2014, 2014 ke 2019, dan 2019 ke 2029 dihitung menggunakan modul Markov IDRISI 4.0.

Proses kalibrasi dan validasi model dengan cara menggunakan modul *Crosstab* dalam IDRISI, proyeksi LULC tahun 2019 dibandingkan dengan hasil observasi tahun 2019 untuk mendapatkan indeks Kappa. Jika indeks Kappa dapat diterima maka penggunaan lahan dan tutupan lahan pada tahun 2029 dapat diproyeksi (Ruben et al., 2020).

$$Kappa\ accuracy = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})} \quad [1]$$

dimana:

- $X_{ii}$  = total jenis penggunaan lahan ke-i hasil interpretasi yang bersesuaian dengan penggunaan lahan hasil verifikasi *groundcheck*
- $X_{i+}$  = total poin hasil verifikasi pada jenis penggunaan lahan ke-i
- $X_{+i}$  = total poin hasil interpretasi pada jenis penggunaan lahan ke-i
- $N$  = total poin sampel
- $r$  = total jenis penggunaan lahan

#### 2.3.2. Analisis Dampak Perubahan Lahan DAS Hulu Brantas Terhadap Tata hidrologi

Pada analisis SWAT data input berupa iklim, tata guna lahan, karakteristik tanah, dan hidrologi yang telah disiapkan pada proses pengumpulan data

dimasukkan ke dalam data input file (Omani et al., 2012). Tahapan analisis SWAT yaitu sebagai berikut:

1. Delineasi Sub-DAS.
2. Analisis *Hydrological Response Units* (HRU), *Main Input Chanel* (RTE), *Basin Input File* (BSN), *Watershead Water Quality* (WWQ), *Management Input File* (MGT), *Stream Water Quality* (SWQ)
3. *Weather Generalization*
4. *Run*
5. Kalibrasi dan Validasi

Analisis SWAT bertujuan untuk mengetahui kondisi tata hidrologi DAS Brantas, berupa nilai Koefisien Rezim Aliran dan Koefisien Aliran Tahunan. Proses kalibrasi dan validasi menggunakan data debit DAS Hulu Brantas tahun 2013-2017.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{0i})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad [2]$$

dimana:

- NSE = koefisien *Nash-Sutcliffe*
- $N$  = jumlah data  $n$
- $Y_i$  = Debit Observasi ( $m^3/s$ )
- $Y_{0i}$  = Debit Pemodelan ( $m^3/s$ )
- $\bar{Y}_i$  = rerata Debit Observasi ( $m^3/s$ )

Setelah melakukan kalibrasi dan mendapat validasi  $NSE > 0.5$ , maka proses analisis dapat dilanjutkan. debit maksimum dan minimum setiap sub-DAS hasil SWAT digunakan untuk menghitung KRA menggunakan rumus sebagai berikut.

$$KRA = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad [3]$$

dimana :

- KRA = Koefisien Regim Aliran
- $Q_{max}$  = Debit maksimum ( $mm/s$ )
- $Q_{min}$  = Debit minimum ( $mm/s$ )

Perhitungan nilai Koefisien Aliran Tahunan dilakukan dengan cara menghitung terlebih dahulu nilai direct runoff, kemudian hasilnya dibagi dengan curah hujan, cara penghitungannya dapat dilihat pada rumus berikut.

$$DRO = TRO - BF \quad [4]$$

$$KAT = \frac{DRO}{CH} \quad [5]$$

dimana

DRO = Direct runoff (mm)

TRO = Total runoff hasil analisis SWAT (mm)

BF = Base flow hasil analisis SWAT (mm)

CH = Curah hujan (mm)

2.3.3. Penyusunan Teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA) DAS Hulu Brantas

Dalam penelitian ini terdapat 3 skenario yang digunakan yaitu ;

- 1) Skenario A (Eksisting 2019 tanpa penerapan teknik KTA);
- 2) Skenario B (Proyeksi penggunaan lahan tahun 2029 tanpa teknik KTA),
- 3) Skenario C (Penerapan teknik KTA pada penggunaan lahan tahun 2029).

Skenario C menggunakan teknik konservasi gabungan metode vegetatif dan metode sipil teknis yang disimulasikan dengan SWAT. Penetapan teknik KTA pada setiap sub-DAS, didasarkan pada jenis penggunaan lahan dan perbedaan tingkat slope lahan terlihat pada Tabel 2. Input simulasi arahan KTA skenario C pada SWAT berdasarkan data skunder penelitian sebelumnya (Tabel 3). Metode vegetatif *alley cropping*, strip cropping, dan pola tanam diterapkan pada areal semak, pertanian lahan kering campur dan pertanian lahan kering dengan kemiringan 0-25%.

Penggunaan metode pola tanam dilakukan pada penggunaan lahan sawah pada kemiringan lereng 0-8% dan 8-15%, Teknik KTA berupa *alley cropping* menggunakan nilai curve number sebesar 68, permeabilitas tanah dengan rentang 4 hingga 6 cm/jam, bahan organik tanah sebesar 1.89% ,nilai berat jenis tanah yaitu 1.29 g/cm<sup>3</sup>, dan kadar air tersedia sebesar 43.8 mm/mm. Teknik KTA Stripcropping dalam penelitian ini menggunakan nilai curve number sebesar 64, permeabilitas tanah dalam rentang 0.4-0.5 cm/jam, dan nilai faktor tanaman yaitu senilai 0.2. Skenario teknik KTA pola tanam pada penelitian ini memiliki nilai curve number senilai 66 ((Alegre & Rao, 1996); (Ariani & Haryati, 2020)).

Pada kemiringan 25-40% diterapkan agroforestry. Teknik KTA berupa Agroforestry menggunakan nilai curve number sebesar 58, Permeabilitas Tanah dengan rentang 4,01 hingga 10 cm/jam, bahan organik tanah sebesar 5,52% ,nilai berat jenis tanah yaitu 0,94 g/cm<sup>3</sup>, dan kadar air tersedia sebesar 57 mm/mm ((Pramono & Prahesti, 2016);(Zhang et al., 2018);(Prasetya et al., 2012);(Silva et al., 2011)).

Seluruh penggunaan lahan dengan kemiringan >45% dilakukan reboisasi. Teknik KTA vegetatif reboisasi menggunakan nilai curve number yaitu 50, permeabilitas tanah sebesar 5,6 cm/jam, nilai bahan organik tanah sebesar 4.7%, berat jenis tanah senilai 0,91 g/cm<sup>3</sup>, dan kadar air tersedia sebesar 68 mm/mm. (Deslandes et al., 2007) .

Penerapan teknik KTA yang digunakan pada kelerengan 0-8 dan 8-15%, serta penggunaan lahan pertanian lahan kering campur, pertanian lahan kering, semak dan perkebunan berupa konservasi sipil teknis penanaman sesuai kontur pada penggunaan lahan. Metode sipil teknis KTA dengan Contouring menggunakan nilai faktor pengelolaan lahan sebesar 0.8, dan nilai curve number sebesar 62 (Cooper, 2010).

Tabel 2. Penetapan Skenario C (KTA 2029)

No	Landuse	Slope				
		0-8	8%-15%	15-25	25-45	>45
1	Hutan Lahan Kering Primer	Reboisasi	Reboisasi	Reboisasi	Agroforestry	Reboisasi
2	Pertanian Lahan Kering Campur	<i>Alley cropping</i>	<i>Contouring</i>	<i>Stripcropping</i>	Agroforestry	Reboisasi
3	Pemukiman	LB,SR	LB,SR	LB,SR	LB,SR	Agroforestry
4	Sawah	Pola tanam	<i>Contouring</i>	<i>Stripcropping</i>	Agroforestry	Agroforestry
5	Hutan Tanaman	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry	Reboisasi
6	Hutan Lahan Kering Sekunder	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry	Reboisasi
7	Belukar	-	-	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry
8	Pertanian Lahan Kering	<i>Alley cropping</i>	<i>Contouring</i>	<i>Stripcropping</i>	Agroforestry	Agroforestry
9	Lahan Terbuka	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry	Agroforestry
10	Perkebunan	<i>Alley cropping</i>	<i>Contouring</i>	<i>Stripcropping</i>	Agroforestry	Agroforestry
12	Badan Air	-	-	-	-	-

**Tabel 3.** Input SWAT simulasi SWAT Konservasi

KTA	CN2	SOL_K	SOL_C	SOL_BD	SOL_AWC	STRIP_CN	STRIP_P	STRIP_C	STRIP_N	CONT_P	CONT_CN	OV_N
Reboisasi	50	5.6	4.7	0.91	68	-	-	-	-	-	-	-
Agroforestry	58	4.01-10	5.52	0.94	57	-	-	-	-	-	-	-
Alley cropping	68	4.0-6.0	1.89	1.29	43.8	-	-	-	-	-	-	-
Pola tanam	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32
Stripcropping	-	-	-	-	-	64	0.4-0.5	0.2	-	-	-	-
Contouring	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	62	-
Lubang Biopori	76	12.6-16.51	-	1.01-1.25	-	-	-	-	-	-	-	-
Sumur resapan	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mulsa	62	15.3-18.3	-	0.98-1.27	-	-	-	-	-	-	-	-

Teknik KTA sipil teknis Sumur resapan menggunakan nilai curve number sebesar 81. Penerapan KTA lubang biopori memiliki nilai curve number sebesar, permeabilitas tanah dengan rentang 12.6 - 16.51 cm/jam, dan berat jenis tanah pada rentang 1.01- 1.25 g/cm<sup>3</sup> (Wang et al., 2011)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Proyeksi Penggunaan Lahan

Hasil proyeksi menunjukkan DAS Hulu Brantas yang meliputi daerah administrasi wilayah kota batu, kota malang, dan kabupaten malang, telah terjadi pola perubahan penggunaan lahan vegetatif yang signifikan menjadi lahan pemukiman atau property lainnya. Penurunan perubahan penggunaan lahan berdasarkan tabel 4, signifikan pada hutan sekunder, hutan primer, sawah, pertanian lahan kering campuran, pertanian lahan kering, , masing-masing terjadi penurunan sebesar 610.40; 872.98; 883.26; 1386,96; 1914,79 Ha. Penurunan penggunaan lahan vegetatif berupa hutan yang terjadi Proyeksi penggunaan lahan di DAS hulu Brantas tahun 2029, serta peningkatan pada penggunaan lahan non vegetatif berupa permukiman mengindikasikan adanya pola perubahan mengarah negative atau kerusakan. Hilangnya penggunaan lahan vegetatif akan berpengaruh pada kemampuan lahan mengurangi

proses erosi di DAS, hal tersebut dikarenakan struktur tanah tidak terkonsolidasi dengan baik , selain itu proses infiltrasi air menjadi buruk.

Berbagai penelitian menyebutkan bahwa Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu faktor penting dari suatu DAS dalam merespon masukan air hujan ke dalam DAS. Penelitian Kidane et al., 2019 menjelaskan dampak dari perubahan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya akan berpengaruh terhadap kondisi hidrologis DAS (Sunandar, 2016). Hasil Proyeksi penggunaan lahan tabel 3 menunjukkan adanya peningkatan sebesar 4100 Ha penggunaan lahan permukiman atau lahan terbangun lainnya. DAS hulu brantas memiliki kebutuhan lahan pemukiman dari tahun ke tahun semakin meningkat hal ini konsekuensi dari pertambahan jumlah penduduk dan pendatang dan meningkatnya sector ekonomi torism (Nugroho et al., 2018). Faktor pertumbuhan penduduk dan daya tarik ekonomi tourism tidak dapat di kendalikan atau diturunkan karena bersifat absolut selama suatu kawasan memiliki sumberdaya alam yang dibutuhkan oleh manusia (Lang et al., 2017). Kawasan DAS hulu brantas ditunjang dengan letak geografis sangat strategis sebagai kawasan wisata dan perkotaan, sehingga sangat memungkinkan pada tahun 2029 akan terjadi penggunaan lahan seperti pada proyeksi penggunaan lahan (Gambar 2), yang didominasi oleh penggunaan lahan permukiman atau bangunan lainnya.

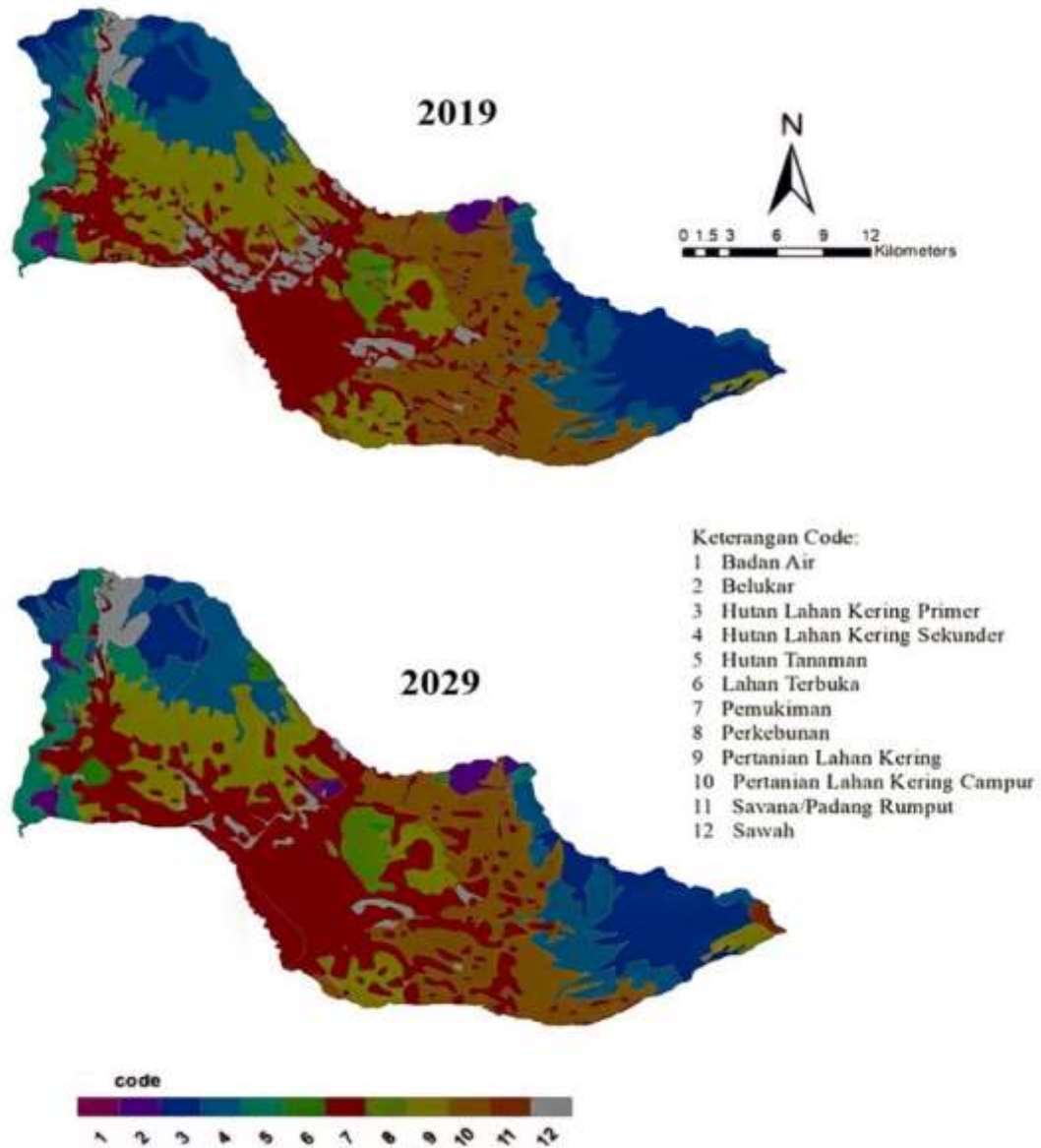
**Tabel 4.** Perubahan penggunaan lahan DAS Hulu Brantas

Penggunaan Lahan	2019 (Ha)	2029 (Ha)	Perubahan (Ha)
Perkebunan	1069.4	1346.0	+276.60
Pertanian Lahan Kering Campur	12039.8	10652.8	-1386.96
Hutan Lahan Kering Primer	8738.9	7865.9	-872.98
Hutan Lahan Kering Sekunder	10029.3	9418.9	-610.40
Hutan Tanaman	3325.4	3533.7	208.30
Savana/Padang Rumput	13.1	246.6	+233.50
Pertanian Lahan Kering	11362.8	9448.0	-1914.79
Sawah	3337.8	2454.6	-883.26
Belukar	1016.5	1369.8	+353.25
Lahan Terbuka	219.8	708.1	+488.28
Pemukiman	16990.3	21090.6	+4100.30
Badan Air	3.5	11.68	+8.16

Keterangan:

- : Penurunan

+ : Peningkatan



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan DAS Hulu Brantas

3.2 Kalibrasi Validasi SWAT

Feyereisen *et al.* 2007 menjelaskan bahwa parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi model SWAT menyesuaikan dengan pendekatan yang

digunakan dan lokasi penelitian. Parameter-parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi pada penelitian ini selengkapnya terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Input Kalibrasi debit

No	Parameter	Keterangan	Nilai		
			Min	Max	Terpakai
1	CN2	Bilangan kurva aliran	35	92	*1.2-1.8
2	ESCO	Faktor evaporasi tanah	0.6	0.98	0.8
3	ALPHA_BNK	Faktor <i>alpha baseflow</i> untuk "bank storage"	0.2	0.9	0.7
4	ALPHA_BF	Faktor <i>alpha baseflow</i>	0.01	1	0.1
5	GW_DELAY	Waktu <i>delay</i> air bawah tanah	15	150	120-140
6	OV_N	Nilai koefisien Manning	0.1	0.48	0.21

\*= dikalikan dengan nilai default

Pada penelitian ini melakukan kalibrasi menggunakan otomatis dengan tools SWAT-CUP kemudian dioptimalkan dengan melakukan kalibrasi secara manual dengan merubah nilai pada aplikasi SWAT. Analisis SWAT membagi DAS Hulu Brantas menjadi 34 Sub-DAS.

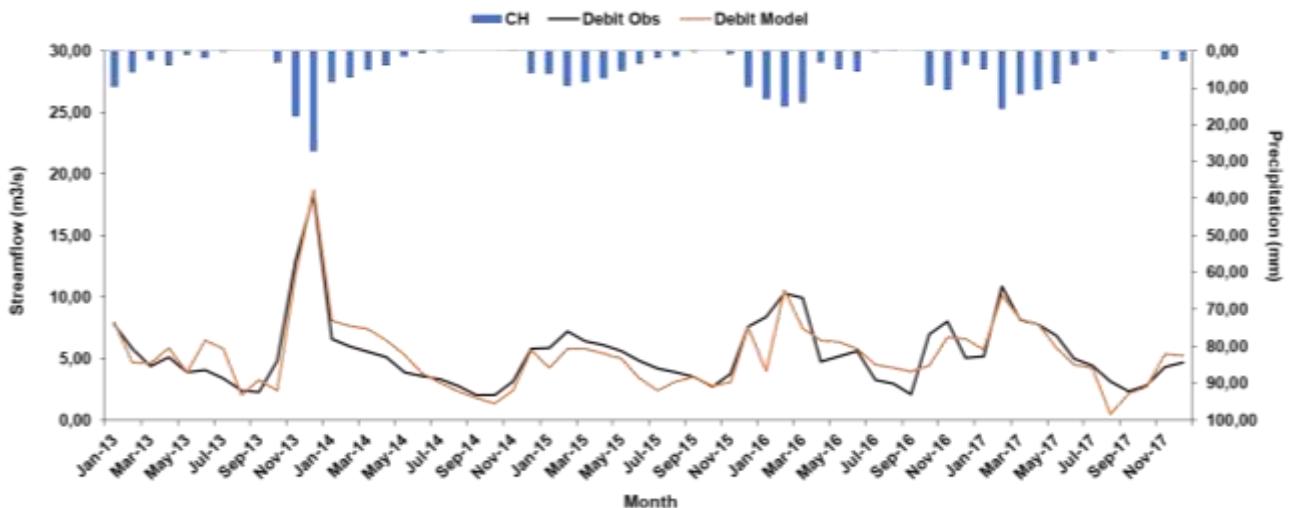
Hasil validasi kalibrasi debit DAS hulu Brantas pada gambar 3, mendapatkan hasil nilai NSE (*Nash Sutcliffe Efficiency*) sebesar 0.78, menandakan bahwa hasil simulasi sangat baik, sehingga pemodelan dapat dilakukan.

### 3.2 Koefisien Rejim Aliran (KRA)

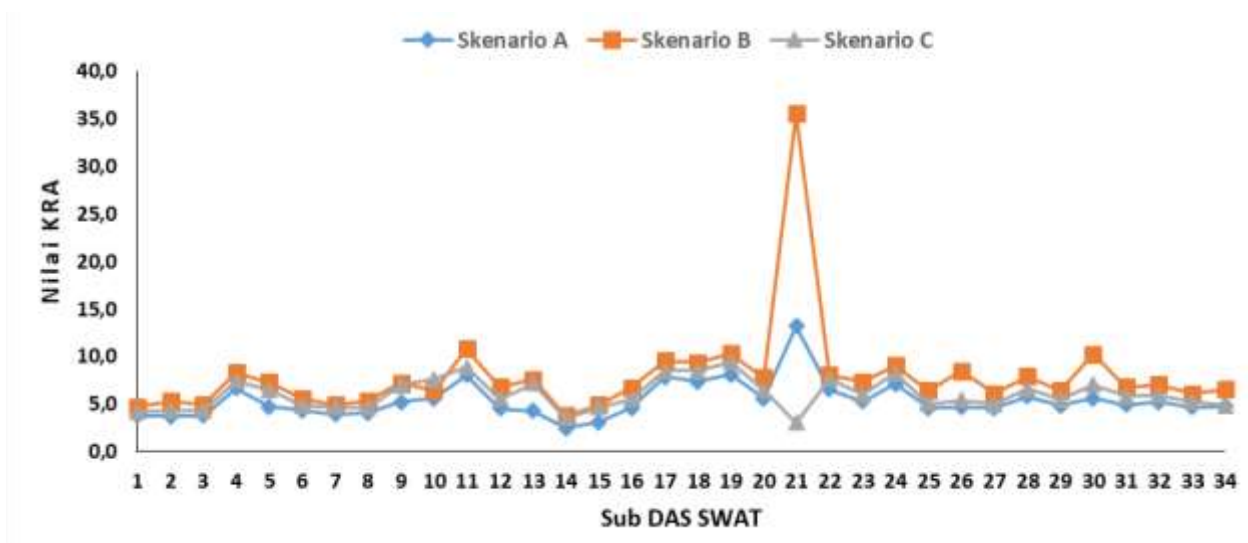
Perubahan penggunaan lahan DAS tahun 2019 menjadi 2029 menyebabkan terjadinya nilai KRA mengalami peningkatan. Nilai KRA yang semakin tinggi mengindikasikan tingginya air yang terbuang ke sungai pada musim penghujan sehingga aliran air menjadi besar, sebaliknya saat musim kemarau aliran

air sangat kecil karena berkurangnya debit air sungai atau menunjukkan kekeringan. Sub-DAS 21 mengalami perubahan kategori sangat signifikan, pada penggunaan lahan 2019 berkategori sedang, menjadi kategori sangat buruk pada penggunaan lahan 2029.

KRA pada skenario C, mengalami perubahan status yang cukup signifikan. Penggunaan KTA penggunaan lahan 2029 dapat menstabilkan nilai KRA mendekati nilai KRA pada skenario A, dengan nilai KRA sebagian besar berada pada  $\leq 5$  (sangat baik) terlihat pada gambar 4. Skenario C dapat menurunkan secara signifikan nilai KRA pada Sub-DAS 21, pada skenario B nilai KRA berada pada rentang 35-40, sedangkan pada skenario A nilai KRA berada pada rentang 10-15, dengan teknik KTA penggunaan lahan 2029 (skenario C) nilai KRA menurun signifikan menjadi  $\leq 5$ . Penurunan KRA dengan penerapan skenario C mengindikasikan bahwa arahan KTA memiliki kinerja positif dalam memperbaiki fungsi jasa lingkungan



Gambar 3. Validasi SWAT Debit dan Curah Hujan



Gambar 4 Nilai KRA DAS Hulu Brantas

Nilai KRA merupakan perbandingan antara debit maksimum dan debit minimum dalam setahun. Soplanit et al., 2018 menjelaskan fungsi tanah di DAS Hulu Brantas berjalan baik sebagai tempat menyimpan air ketika perbandingan debit maksimum dengan minimum kecil. Sebaliknya jika perbandingan debit maksimum yang memiliki jumlah terlampau tinggi dibanding jumlah debit minimumnya sehingga menghasilkan nilai KRA yang tinggi, hal tersebut menandakan adanya degradasi tanah di DAS hulu Brantas (Indriatmoko & Wibowo, 2018). Kemampuan tanah dalam menerima, menyimpan dan mengeluarkan air sangat tergantung dari vegetasi, tanah dan teknik pengolahan lahan (Sulaeman et al., 2016).

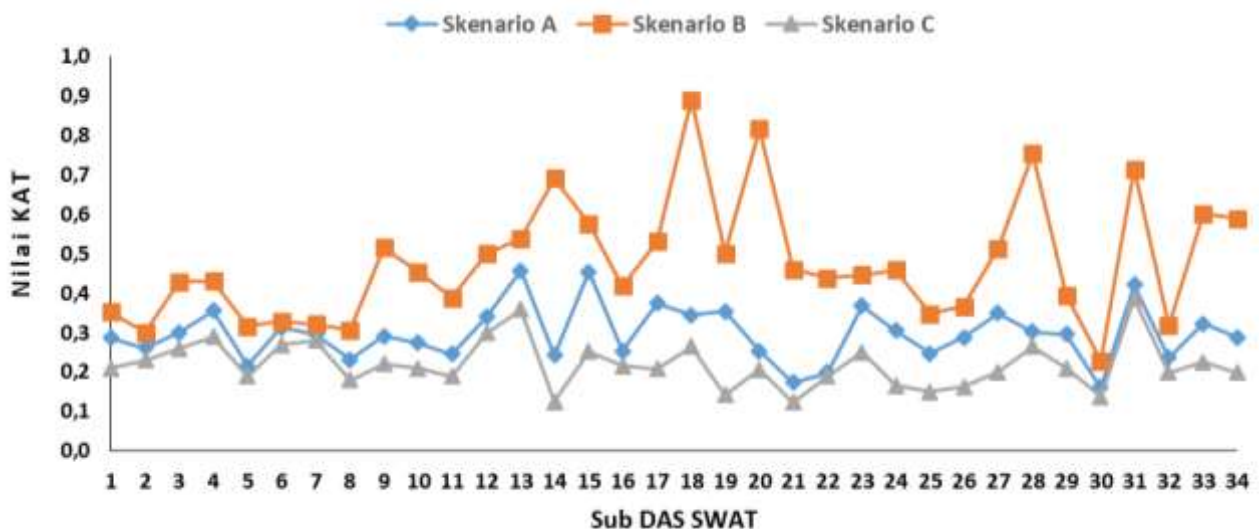
Penelitian yang dilakukan oleh Rahman et al., 2019, menunjukkan bahwa penerapan teknik KTA secara signifikan dapat menurunkan nilai KRA. Penerapan konservasi sipil teknis dan vegetatif berupa embung dan strip cropping dapat menurunkan KRA dibandingkan kondisi tanpa KTA yaitu sebesar 40.92% , kemudian perpaduan penerapan teknik KTA embung dan agroforestry mampu menurunkan KRA dibandingkan lahan tanpa KTA yaitu sebesar 41.38%.

### 3.4 Koefisien Aliran Tahunan

Hasil perbandingan antara DRO dengan curah hujan tidap sub-DAS di DAS Hulu Brantas menunjukkan bahwa nilai KAT Skenario B lebih tinggi dibandingkan dengan Skenario A disemua sub-DAS, hal tersebut menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan DAS tahun 2019 menjadi 2029 menyebabkan terjadinya peningkata kategori KAT. Perubahan kategori sangat signifikan pada Sub-DAS 18, dan 20,

yang awalnya berkategori rendah pada skenario A, menjadi kategori sangat tinggi pada skenario B. Sub-DAS 18, dan 20 telah mengalami perubahan yang tinggi pada penggunaan lahan pemukiman atau properti lainnya sehingga mengakibatkan hilangnya kemampuan lahan dalam mengurangi runoff. Penerapan KTA pada skenario C dapat menurunkan nilai KAT dibandingkan dengan Skenario A dan B di semua Sub-DAS (Gambar 5). Penurunan signifikan nilai KAT terjadi pada Sub-DAS 18 dan Sub-DAS 20. Penurunan KAT dengan penerapan skenario C mengindikasikan bahwa arahan konservasi tanah dan air memiliki kinerja positif dalam memperbaiki fungsi jasa lingkungan tata hidrologi.

Penelitian Nursari et al., (2018), menyebutkan peningkatan aliran permukaan diakibatkan oleh perubahan penggunaan lahan yang cenderung mengurangi tutupan vegetasi lahan, misalnya perubahan dari hutan menjadi ladang pertanian. Pada hasil proyeksi penggunaan lahan DAS hulu Brantas penurunan penggunaan lahan hutan dan peningkatan penggunaan lahan perkebunan serta pemukiman, menjadi factor meningkatnya aliran permukaan sehingga nilai KAT disemua sub DAS pada skenario B lebih tinggi. Sebaliknya semakin tinggi penggunaan lahan vegetatif dengan penerapan konservasi tanah dan air akan menurunkan nilai KTA, seperti pada skenario C. Penelitian dilakukan oleh Taslim et al., 2019 menjelaskan dampak buruk ketika nilai aliran permukaan semakin tinggi, disebutkan *run off* yang terjadi dalam jumlah besar akan memicu terjadinya banjir dan erosi, sehingga bisa merusak DAS. Pergerakan *run off* secara umum mengikuti pergerakan curah hujan. Pada saat curah hujan meningkat, *run off* juga meningkat.



Gambar 5 Nilai KAT DAS Hulu Brantas



#### 4. Kesimpulan

Peningkatan perubahan penggunaan lahan tertinggi yaitu penggunaan lahan pemukiman yaitu sebesar 4.100 Ha. Penggunaan lahan pertanian lahan kering mengalami penurunan luasan tertinggi yaitu sebesar 1914,7 Ha. Penggunaan lahan hutan mengalami penurunan luasan yang signifikan yaitu sebar 1275 Ha. Terjadi tren negatif akibat meningkatnya penggunaan lahan pemukiman dan menurunnya penggunaan lahan tutupan vegetatif. Fungsi *regulating service* pada DAS Hulu Brantas berupa, koefisien rezim aliran, dan koefisien aliran tahunan.

Hasil penelitian ini didapatkan hasil koefisien rezim aliran dan koefisien aliran tahunan mengalami perubahan kategori negative seiring dengan perubahan penggunaan lahan pada Sub-DAS Hulu Brantas. Kinerja arahan konservasi tanah dan air berdasarkan penggunaan lahan dan tingkat kelerengan, memiliki hasil yang baik.

Skenario C (Konservasi tanah dan air yang diterapkan pada DAS Hulu Brantas tahun 2029) menghasilkan perbaikan yang signifikan. Kategori koefisien rezim aliran pada Sub-DAS Hulu Brantas menjadi sangat baik, dan baik. Koefisien aliran tahunan pada semua Sub-DAS mengalami penurunan, dibandingkan dengan skenario A, dan B.

#### DAFTAR PUSTAKA

Alegre, J. C., & Rao, M. R. (1996). Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 57(1), 17–25.

Ariani, R., & Haryati, U. (2020). Sistem Alley Cropping: Analisis SWOT dan Strategi Implementasinya di Lahan Kering DAS Hulu. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1), 13.

Cooper, M. (2010). Advanced Bash-Scripting Guide An in-depth exploration of the art of shell scripting Table of Contents. *Okt 2005 Abrufbar Uber Httpwww Tldp OrgLDPabsabsguide Pdf Zugriff 1112 2005, 2274(November 2008)*, 2267–2274.

Deslandes, J., Beaudin, I., Michaud, A., Bonn, F., & Madramootoo, C. A. (2007). Influence of Landscape and Cropping System on Phosphorus Mobility within the Pike River Watershed of Southwestern Quebec: Model Parameterization and Validation. *Canadian Water Resources Journal*, 32(1), 21–42.

Hadi, S. J., Shafri, H. Z. M., & Mahir, M. D. (2014). Modelling LULC for the period 2010-2030 using GIS and remote sensing: A case study of Tikrit, Iraq. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 20(1).

Huang, A., Xu, Y., Sun, P., Zhou, G., Liu, C., Lu, L., Xiang, Y., & Wang, H. (2019). Land use/land cover changes and its impact on ecosystem services in ecologically fragile zone: A case study of Zhangjiakou City, Hebei Province, China. *Ecological Indicators*, 104(June 2018), 604–614.

Indriatmoko, R. H., & Wibowo, V. E. (2018). Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Penghitungan Koefisien Aliran Daerah Aliran Sungai (Das) Ciliwung. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2), 182–190.

Kidane, M., Bezie, A., Kesete, N., & Tolessa, T. (2019). The

impact of land use and land cover (LULC) dynamics on soil erosion and sediment yield in Ethiopia. *Heliyon*, 5(12), e02981.

Kristofery, L., Murtilaksono, K., & Baskoro, D. P. T. (2019). Simulation of Land Use Change Against The Hydrological Characteristics of The Giliman Watershed. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 21(2), 66–71.

Lang, Y., Song, W., & Zhang, Y. (2017). Responses of the water-yield ecosystem service to climate and land use change in Sancha River Basin, China. *Physics and Chemistry of the Earth*, 101, 102–111.

Mariyanto, M., Amir, M. F., Utama, W., Hamdan, A. M., Bijaksana, S., Pratama, A., Yunginger, R., & Sudarningsih, S. (2019). Heavy metal contents and magnetic properties of surface sediments in volcanic and tropical environment from Brantas River, Jawa Timur Province, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 675, 632–641.

Nugroho, S. P., Tarigan, S. D., & Hidayat, Y. (2018). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Debit Aliran Di Sub Das Cicitih. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(2), 258–263.

Nurrizqi, E. H., & Suyono, S. (2012). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Perubahan Debit Puncak Banjir Di Sub Das Brantas Hulu. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3), 363–371.

Nursari, E., Rachman, L. M., & Baskoro, D. P. T. (2018). Alternatif Teknik Konservasi Tanah Dan Air Untuk Das Cilemer, Banten. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 20(1), 33–39.

Nyssen, J., Clymans, W., Descheemaeker, K., Poesen, J., Vandecasteele, I., Vanmaercke, M., Zenebe, A., Van Camp, M., Haile, M., Haregeweyn, N., Moeyersons, J., Martens, K., Gebreyohannes, T., Deckers, J., & Walraevens, K. (2010). Impact of soil and water conservation measures on catchment hydrological response—a case in north Ethiopia. *Hydrological Processes*, 24(13), 1880.

Omani, N., Srinivasan, R., & Lee, T. (2012). Estimating sediment and nutrient loads of Texas coastal watersheds with SWAT. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2012, ASABE 2012, 4*, 2752–2771.

Pramono, I. B., & Prahesti, R. R. (2016). Kualitas Indeks Tanah Sebagai Estimator dari Agroforestry Tanah Kesehatan di Tirtomoyo Sub-DAS, Wonogiri. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 18(2), 38.

Prasetya, B., Prijono, S., & Widjiawati, Y. (2012). Vegetasi Pohon Hutan Memperbaiki Kualitas Tanah Andisol-Ngabab. *Indonesian Green Technology Journal*, 1(1), 1–6.

Putri Utami, Ananto Aji, J. (2017). Analisis Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Daya Dukung Tata Air Daerah Aliran Sungai (Das) Kreo Di Kota Semarang. *Geo-Image*, 6(2), 131–138.

Rahman, L. M., Nursari, E., & Baskoro, D. P. T. (2019). Pengaruh embung dan kombinasinya dengan teknik konservasi tanah dan air lainnya terhadap koefisien regim aliran dan koefisien aliran tahunan. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2(2), 1–13.

Ruben, G. B., Zhang, K., Dong, Z., & Xia, J. (2020). Analysis and projection of land-use/land-cover dynamics through scenario-based simulations using the CA-Markov model: A case study in guanting reservoir basin, China.

*Sustainability (Switzerland)*, 12(9).

- Silva, G. L., Lima, H. V., Campanha, M. M., Gilkes, R. J., & Oliveira, T. S. (2011). Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. *Geoderma*, 167-168, 61-70.
- Soplanit, R., & Silahooy, C. (2018). Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Permukaan, Aliran Bawah Permukaan Dan Aliran Dasar Di Das Batugajah Kota Ambon. *Agrologia*, 1(2).
- Sulaeman, D., Hidayat, Y., Rachman, L. M., & Darma, S. (2016). Best Management Practice to Reduce Flow Discharge and Sediment Yield in Ciujung Watershed Using SWAT Model. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 18(April), 8-14.
- Sunandar, A. D. (2016). Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologis Di Das Asahan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(1), 49-60.
- Taslim, R. K., Mandala, M., & Indarto. (2019). The effect of landuse on erosion rate: a study at several watersheds in Tapal Kuda Region, East Java. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 3(2), 141-158.
- Wang, X., Kannan, N., Santhi, C., Potter, S. R., Williams, J. R., & Arnold, J. G. (2011). Integrating APEX output for cultivated cropland with SWAT simulation for regional modeling. *Transactions of the ASABE*, 54(4), 1281-1298.
- Wibowo, A. C., & Sayekti, R. W. (n.d.). *Konto Hulu*.
- Yalew, S. G., Pilz, T., Schweitzer, C., Liersch, S., van der Kwast, J., van Griensven, A., Mul, M. L., Dickens, C., & van der Zaag, P. (2018). Coupling land-use change and hydrologic models for quantification of catchment ecosystem services. *Environmental Modelling and Software*, 109(August), 315-328.
- Zhang, J., Wang, L., & Su, J. (2018). The soil water condition of a typical agroforestry system under the policy of Northwest China. *Forests*, 9(12), 1-15.