

Daya Dukung Fungsi Lindung di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawa Pening

Eko Subiantoro¹, S. Rahayu², Widjonarko²

¹ Program Studi Sarjana Terapan Perencanaan Tata Ruang dan Pertanahan Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

² Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro, Indonesia

Article Info:

Received: 10 January 2026

Accepted: 11 Maret 2026

Available Online: 30 April 2026

Keywords:

Keywords: Sub DAS, Daya Dukung, Fungsi Lindung, SIG, Penginderaan Jauh

Corresponding Author:

Sri Rahayu

Diponegoro University,

Semarang, Indonesia

Email: sri.yksmg@yahoo.com

Abstrak: Sub DAS Rawa Pening merupakan bagian hulu dari DAS Tuntang, yang wilayahnya didominasi bergelombang, berbukit atau bergunung. Sub DAS Rawa Pening berfungsi sebagai kawasan perlindungan terhadap seluruh bagian DAS Tuntang. Namun seiring dengan berjalannya waktu, tutupan lahan di Sub DAS Rawa Pening mengalami perubahan. Hal tersebut berdampak pada fungsi lindung pada Sub DAS Rawa Pening. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji daya dukung fungsi lindung di Sub DAS Rawa Pening. Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan menggunakan software QGIS. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa daya dukung fungsi lindung pada Sub DAS Rawa Pening pada tahun 2012 dan 2022 menunjukkan penurunan sebesar 0,286. Oleh sebab itu terjadi penurunan status Daya Dukung Fungsi Lindung (DDL) yaitu tahun 2012 berstatus sedang dan tahun 2022 menjadi berstatus rusak. Hal tersebut menunjukkan bahwa Sub DAS Rawa Pening perlu adanya penanganan atau upaya dalam mempertahankan dan meningkatkan daya dukung fungsi lindungnya.

Copyright © 2026 Author

This open access article is distributed under a
Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-SA) 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan topografi yang dibatasi oleh pegunungan, untuk menampung dan menyimpan air hujan kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai (Ekasari et al., 2022; Pane et al., 2020; Wibisono, 2021; Wulandari & Suwanda, 2019). DAS berbeda dengan sungai sebab sungai merupakan aliran air permukaan yang memanjang, sedangkan DAS tidak hanya meliputi aliran airnya saja, namun juga alam yang ada di sekitar aliran sungai. Sub DAS merupakan bagian dari DAS yang menerima dan mengalirkannya menuju ke sungai utama. Pada umumnya Sub DAS memberikan banyak manfaat untuk manusia dan lingkungan yang ada di sekitarnya, sehingga perlu adanya pengelolaan lahan yang ada pada Sub DAS supaya terkendalinya hubungan timbal balik yang positif.

Pengelolaan lahan yang sesuai dapat diidentifikasi melalui tutupan lahan yang ada. Menurut Cahyono (2019), tutupan lahan merupakan kenampakan material fisik di atas permukaan bumi yang digambarkan dengan hubungan antara proses alam dan proses sosial. Tutupan Lahan dapat berarti tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati dan merupakan hasil aktivitas manusia. Seiring berjalannya waktu, perubahan tutupan lahan pada Sub DAS mengalami perubahan. Perubahan tersebut dapat disebabkan oleh bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan akan fasilitas penunjang, sehingga kebutuhan lahan untuk menampung aktivitas tersebut juga akan semakin besar (Achmadi et al., 2023; Alimsuardi et al., 2019; Fadhil et al., 2021; Latue & Rakuasa,

2023; Utami et al., 2020). Perubahan tutupan lahan yang tidak terkontrol akan mempengaruhi daya dukung lindung pada suatu kawasan. Guna menjaga daya dukung lindung supaya tidak terjadi penurunan yang signifikan, maka diperlukan pengelolaan lingkungan hidup yang sesuai sehingga kawasan lindung tidak mengalami kerusakan.

Pengelolaan lingkungan hidup telah diatur dalam UU nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (PPLH). Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung kehidupan manusia, Berdasarkan Peraturan Pemerintah no 37 tahun 2012 pasal 1 ayat 6, daya dukung DAS merupakan kemampuan DAS untuk mewujudkan kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia dan makhluk hidup lainnya secara berkelanjutan. DAS dibagi menjadi tiga bagian yaitu hulu, tengah, serta hilir. Bagian hulu berfungsi untuk melindungi daerah, sedangkan tengah dan hilir menjadi wilayah pemanfaatan. Dalam mengatur pengelolaan lingkungan hidup pada hulu sungai, maka perlu mengatur fungsi lahan secara rasional supaya tercipta sebuah keteraturan. Dalam mewujudkan keteraturan tersebut, maka diperlukannya tata guna lahan yang sesuai. Menurut Tarmizi (2019), tata guna lahan merupakan kenampakan bumi hasil perbuatan manusia seperti sawah, bangunan dan lain sebagainya.

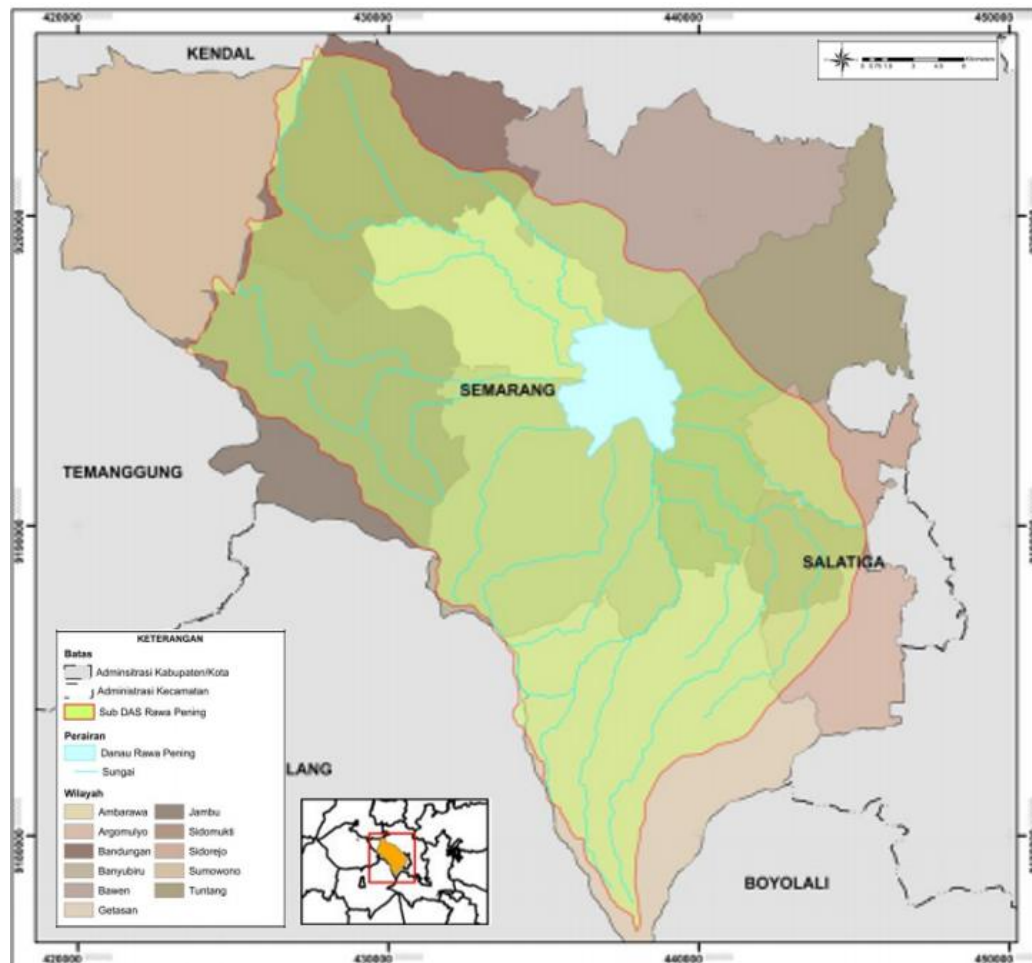
Sub DAS Rawa Pening yang terletak di hulu DAS Tuntang berfungsi sebagai kawasan konservasi yaitu menjaga keberadaan sumber daya air termasuk daya dukungnya. Selain itu terdapat juga Danau Rawa Pening yang memiliki fungsi sebagai PLTA, pengairan pertanian, perikanan, pariwisata, sumber mata pencaharian dan pengendali banjir. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu fungsi tersebut semakin berkurang akibat pencemaran dan kerusakan lingkungan (Abimanyu et al., 2016; Auliyani, 2020; Mubarakah et al., 2020; Riswulan, Yanthi, F., BAnuwa, Irwan, Sukri., Damai, Abdullah, Aman., dan Suroso, 2021).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kawasan hulu DAS diantaranya adalah curah hujan, kelembaban tanah, struktur tanah, dan tutupan lahan. Hujan merupakan penyedia air yang utama, maka semakin besar curah hujan semakin besar pula potensi air untuk meresap (Dody Iskandar, 2017; Luthfina et al., 2019; Mubarakah et al., 2020). Faktor perubahan tutupan lahan yang ada di wilayah DAS juga akan berpengaruh pada daya dukung fungsi lindung pada kawasan tersebut. Perubahan penggunaan lahan di wilayah hulu Sub DAS Rawa Pening akan meningkatkan resiko erosi dan sedimentasi yang tinggi di Danau Rawa Pening (Ardi & Rahayu, 2013; Astuti & Lukito, 2020; Hapsary et al., 2021; Luthfina et al., 2019). Berdasarkan fungsi yang ada, maka perlu diketahui perubahan tutupan lahan dan Daya Dukung fungsi Lindung (DDL) di Sub DAS Rawa Pening.

2. DATA DAN METODE

2.1. Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di Sub DAS Rawa Pening, Provinsi Jawa Tengah. Sub DAS Rawa Pening terletak di Kabupaten Semarang dan Kota Salatiga yang masuk di wilayah 8 kecamatan (Kabupaten Semarang) dan 3 kecamatan (Kota Salatiga). Selain itu, Sub DAS Rawa Pening juga dibatasi oleh beberapa pegunungan seperti Gunung Ungaran, Telomoyo dan Merbabu. Seiring dengan berjalannya waktu, perubahan tutupan lahan yang ada di Sub DAS ini berpengaruh terhadap fungsi kawasan lindung ada. Lebih jelasnya. Gambaran wilayah Sub DAS Rawa Pening dapat dilihat pada Gambar 1.

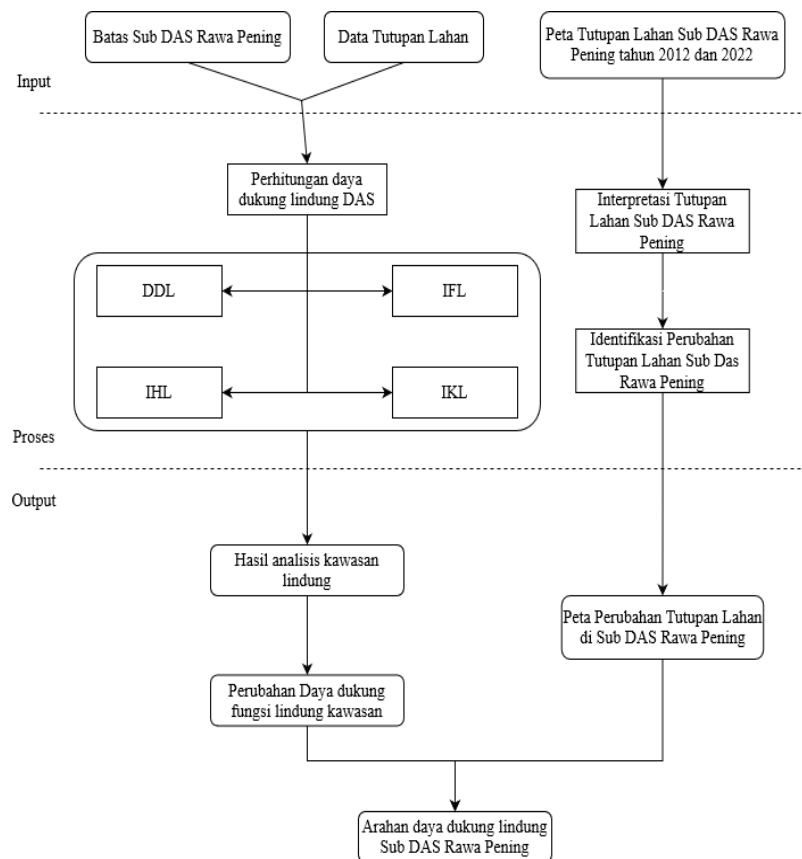


Gambar 1. Wilayah Sub DAS Rawa Pening

2.2. Data dan Metode

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data tutupan lahan diperoleh dari hasil interpretasi Citra Landsat tahun 2012 dan 2022. Observasi lapangan dilakukan untuk melihat kondisi langsung dilapangan Sub DAS Rawa Pening, dan untuk cek akurasi hasil interpretasi tutupan lahan.

Teknik analisis data dilakukan dengan bantuan software QGIS, diantaranya menggunakan *Hydrology Spatial Analyst Tool* (Muta'Ali, 2015). Adapun tahapan analisis yang dilakukan dalam analisis daya dukung fungsi lindung pada Sub DAS Rawa pening dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 . Diagram Analisis

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan yang terjadi pada Sub DAS Rawa Pening tahun 2012-2022. Selanjutnya digunakan untuk mendeteksi perubahan daya dukung fungsi lindung. Adapun tahapan analisis dalam mengetahui daya dukung fungsi lindung di Sub Das Rawa Pening adalah sebagai berikut.

1. Daya Dukung Fungsi Lindung (DDL)

$$DDL = \frac{\sum Lgl_1 \alpha_1 + Lgl_2 \alpha_2 + Lgl_3 \alpha_3 + Lgl_4 \alpha_4}{LW}$$

Keterangan :

DDL = Daya Dukung Fungsi Lindung

Lgl₁ = Luas Guna Lahan Jenis 1 (ha)

α₁ = Koefisien Lindung Untuk Guna Lahan 1

LW = Luas Wilayah (ha)

Guna lahan yang digunakan dalam perhitungan daya dukung fungsi lindung pada Sub DAS Rawa Pening meliputi hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, lahan terbuka, perkebunan, permukiman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campuran, sawah, semak belukar, dan tubuh air.

2. Indeks Fungsi Lindung DAS (IFL)

$$IFL_{das} = \frac{LH_{das}}{0.3 \times LW_{das}}$$

Keterangan :

IFL = Indeks Fungsi Lindung Daerah Aliran Sungai (DAS)

LH_{das} = Luas Hutan Daerah Aliran Sungai (DAS)

LW_{das} = Luas Wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS)

0,3 merupakan koefisien minimal luas hutan yang sudah ditetapkan oleh Undang – Undang no 41 tahun 1999 tentang kehutanan.

3. Indeks Hutan Lindung (IHL)

$$IHL = (LHL/TLH) \times 100\%$$

Keterangan :

IHL = Proporsi Indeks Hutan Lindung

LHL = Luas Hutan Lindung

TLH = Total Luas Hutan (Hutan Lindung + Hutan Produksi Terbatas + Hutan Produksi + Produksi Yang Dapat Dikonservasi + Kawasan Hutan Dan Perairan)

4. Indeks Kemampuan Lindung (IKL)

$$IKL_{DAS} = \frac{LKL}{(LKL + LKB)} \times 100 \%$$

Keterangan :

IKL_{wil} = Indeks Kemampuan Lindung Wilayah

LKL = Luas Kawasan Lindung

LKB = Luas Kawasan Budidaya

$LKL+LKB$ = LW (Luas Wilayah)

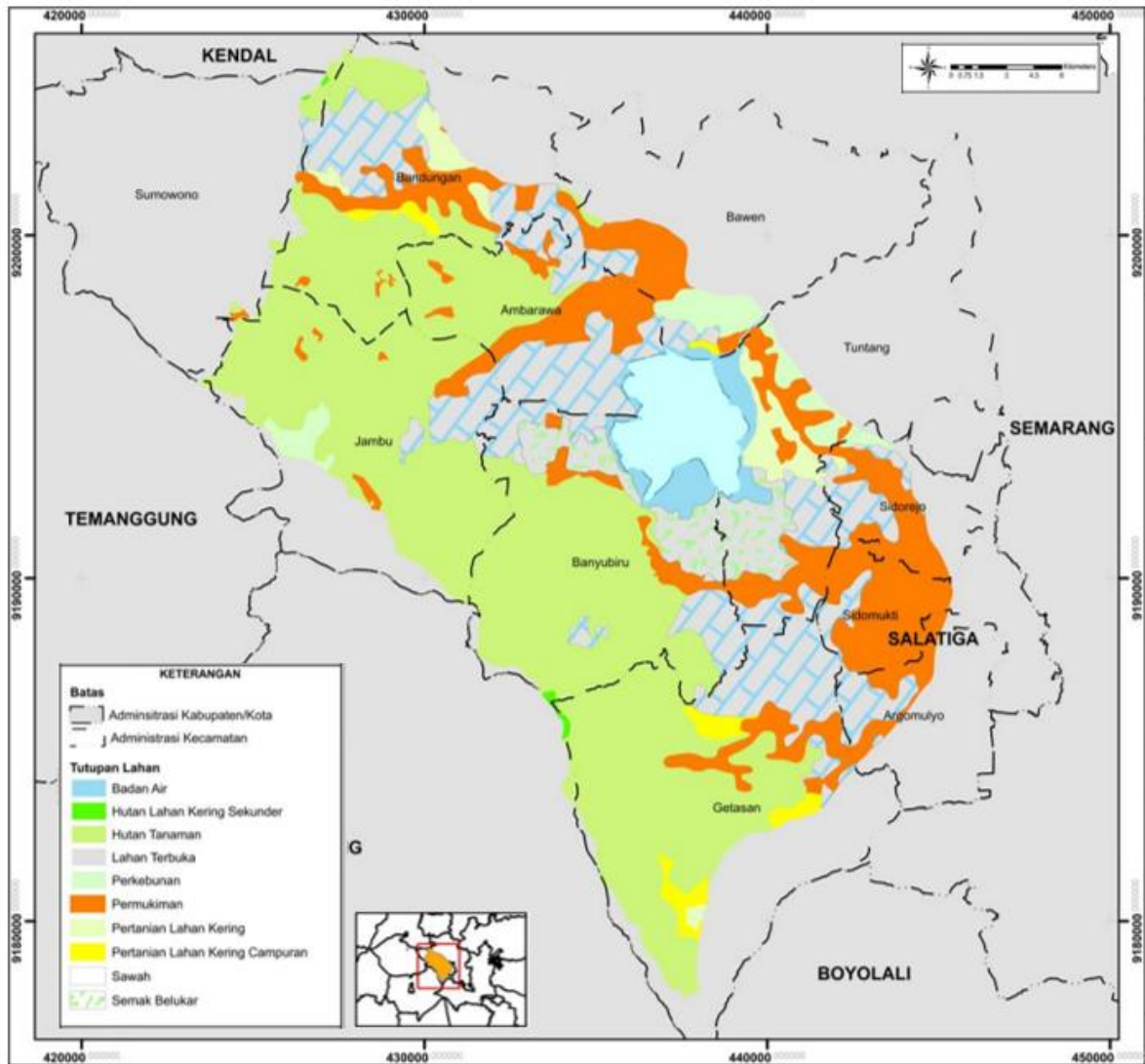
LW_{DAS} = Luas Wilayah Daerah Aliran Sungai

0,3 = Kondisi minimal 30% luas wilayah terdiri dari Kawasan Lindung

$IKL_{wil} > 1$, dapat diartikan bahwa kemampuan kawasan lindung wilayah berfungsi optimal untuk melindungi kelestarian lingkungan hidup. Demikian pula sebaliknya, jika $IKL_{wil} < 1$

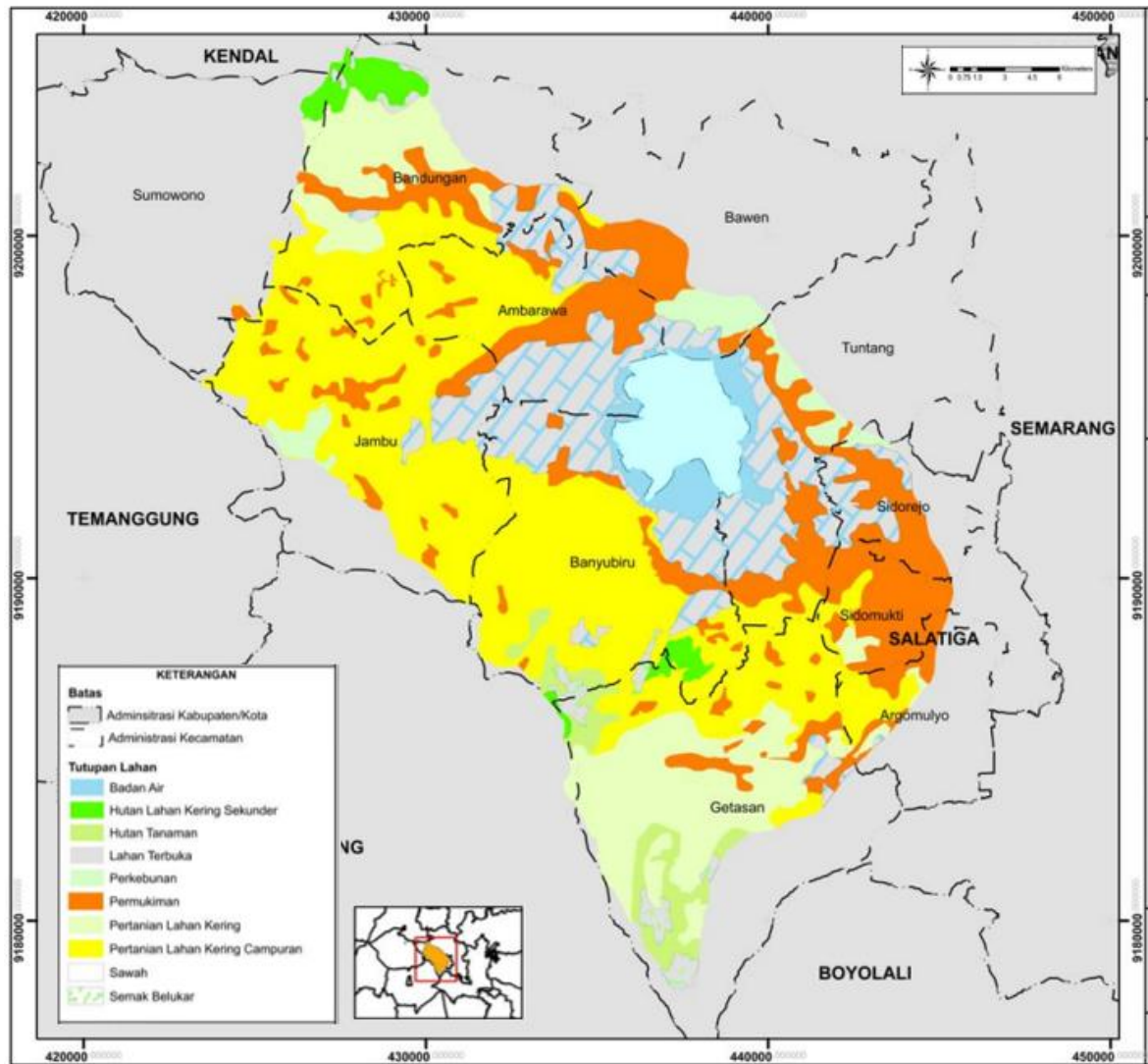
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil interpretasi citra diketahui bahwa tutupan lahan di Sub DAS Rawa Pening tahun 2012 didominasi oleh tutupan lahan hutan tanaman (47,35%), disusul sawah (20,27%), permukiman (17,48), tubuh air (5,41%), semak belukar (4,32%), Perkebunan (2,55%), pertanian lahan kering campuran (1,41%), pertanian lahan kering (0,95%), lahan terbuka (0,55%) dan hutan lahan kering sekunder (0,12%). Hutan tanaman pada tahun 2012 tersebar di beberapa kecamatan yaitu Kecamatan Bandungan, Banyubiru, Bawen, Getasan, Jambu, Sumowono, dan Ambarawa. Hutan lahan kering sekunder ini berada di Kecamatan Sumowono, Getasan, dan Banyubiru. Sedangkan permukiman paling luas berada di Kecamatan Sidomukti dengan luas sebesar 877,37 ha. Lebih jelasnya distribusi tutupan lahan di Sub DAS Rawa Pening tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 3.



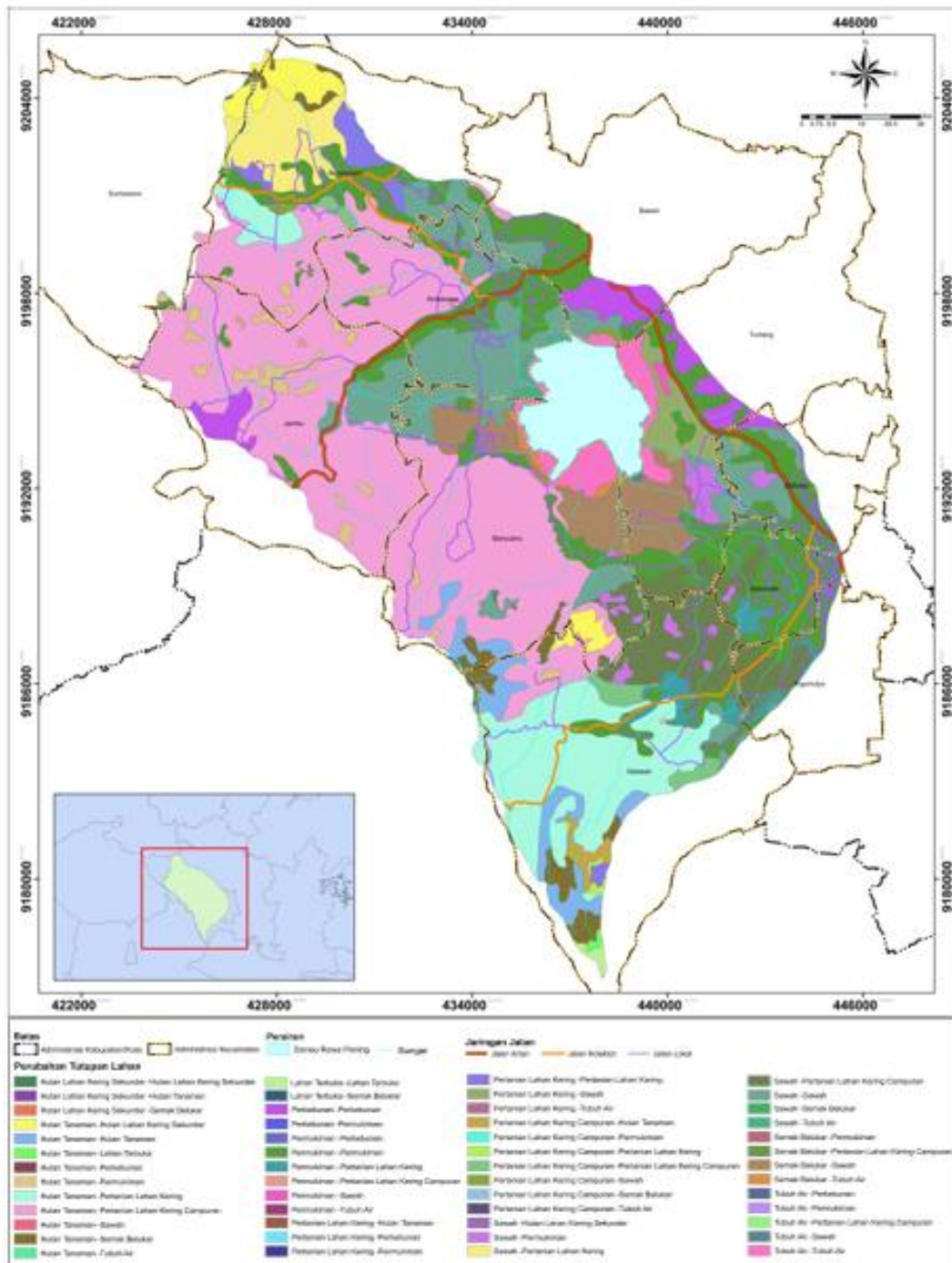
Gambar 3. Tutupan Lahan di Sub DAS Rawa Pening Tahun 2012 (Analisis, 2024)

Tutupan lahan pada tahun 2022 di Sub DAS Rawa Pening meliputi pertanian lahan kering campuran (36,71%), permukiman (18,75%), sawah (15,91%), pertanian lahan kering (13,60%), semak belukar (4,56%), tubuh air (3,23%), perkebunan (2,57%), hutan tanaman (2,60%), hutan lahan kering sekunder (1,86%) dan lahan terbuka (0,20%). Pertanian lahan kering campuran paling dominan berada di Kecamatan Jambu dengan luas sebesar 3255,96 Ha dan disusul di Kecamatan Banyubiru. Sedangkan pertanian lahan kering berada di Kecamatan Argomulyo, Sidomukti, Bandungan, Banyubiru, Bawen, Getasan, Sumowono, Jambu, Tuntang, dan Ambarawa. Permukiman paling luas tahun 2022 berada di Kecamatan Sidomukti. Persebaran spasial tutupan lahan di Sub DAS Rawa Pening tahun 2022 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tutupan Lahan di Sub DAS Rawa Pening Tahun 2022 (Analisis, 2024)

Selama periode tahun 2012-2022, telah terjadi perubahan tutupan lahan di Sub DAS Rawa Pening (Gambar 5). Perubahan tutupan lahan terjadi hampir di semua lokasi. Beberapa tutupan lahan mengalami penurunan, sedangkan disisi lain mengalami peningkatan luas. Tutupan lahan yang mengalami peningkatan luas adalah pertanian lahan kering campuran mengalami kenaikan luas sebesar 9.729,76 ha, pertanian lahan kering bertambah 3.485,80 ha dan permukiman mengalami kenaikan 351,93 ha. Sedangkan tutupan lahan hutan tanaman mengalami penurunan sebanyak 12.332,95 ha. Selain itu terdapat penurunan luas pada sawah sebesar 1.201,18 ha.



Gambar 5. Perubahan Tutupan Lahan di Sub DAS Rawa Pening Tahun 2012-2022 (Analisis, 2024)

Perubahan luas pada setiap tutupan lahan akan berpengaruh pada DDL yang ada di Sub DAS Rawa Pening. Hal ini dikarenakan setiap jenis tutupan lahan memiliki koefisien fungsi lindung yang berbeda-beda (Muta'Ali, 2015). Koefisien hutan tanaman lebih tinggi dibandingkan koefisien lahan bervegetasi lainnya dan lahan permukiman. Lebih jelasnya luas tutupan lahan dan koefisien fungsi lindung di Sub DAS Rawa Pening dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas Tutupan Lahan dan Koefisien Fungsi Lindung di Sub DAS Rawa Pening (Analisis, 2024)

No	Klasifikasi	Luas (Ha)	Koefisien	Hasil	Luas (Ha)	Koefisien	Hasil
		2012			2022		
1	Hutan Lahan Kering Sekunder	33,96	0,28	9,5088	513,85	0,28	143,878
2	Hutan Tanaman	13049,17	0,68	8873,4356	716,22	0,68	487,0296
3	Lahan Terbuka	38,73	0,01	0,3873	55,80	0,01	0,558
4	Perkebunan	703,99	0,42	295,6758	709,20	0,42	297,864
5	Permukiman	4816,71	0,18	867,0078	5168,64	0,18	930,3552
6	Pertanian Lahan Kering	262,04	0,21	55,0284	3747,84	0,21	787,0464
7	Pertanian Lahan Kering Campuran	387,35	0,21	81,3435	10117,11	0,21	2124,5931
8	Sawah	5585,15	0,46	2569,169	4383,97	0,46	2016,6262
9	Semak Belukar	1190,51	0,28	333,3428	1255,78	0,28	351,6184
10	Tubuh Air	1491,19	0,98	1461,3662	890,39	0,98	872,5822
Total		27558,80		14546,27	27558,80		8012,15

Hasil perhitungan dari analisis daya dukung fungsi lindung (DDL) di Sub DAS Rawa Pening diketahui bahwa DDL pada tahun 2012 sebesar 0,528 dan pada tahun 2022 sebesar 0,291. Kondisi ini secara umum menunjukkan bahwa daya dukung fungsi lindung (DDL) pada tahun 2012 termasuk kedalam kualitas sedang dan menjadi rusak pada tahun 2022. Penurunan fungsi lindung yang terjadi dikarenakan tutupan lahan non terbangun seperti hutan mulai berkurang secara signifikan. Selain itu, penurunan fungsi lindung di Sub DAS Rawa Pening juga dipengaruhi oleh meningkatnya kawasan permukiman dengan luas sebesar 5.168,64 ha (24,09%) dari luas Sub DAS Rawa Pening. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya perhatian khusus dari pemerintah daerah dan juga masyarakat sekitar untuk menjaga dan meningkatkan daya dukung fungsi lindung di Sub DAS Rawa Pening. Daya Dukung fungsi Lindung yang ada di kawasan Sub DAS Rawa Pening pada tahun 2012 dan 2022 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daya Dukung Fungsi Lindung di Sub DAS Rawa Pening Tahun 2012 dan tahun 2022 (Analisis, 2024)

No	Analisis	Daya Dukung Fungsi Lindung Sub DAS Rawa Pening			
		2012	2022	Selisih	Keterangan
1	DDL	0,53	0,29	-0,24	Terjadi penurunan daya dukung fungsi lindung pada kawasan Sub DAS Rawa Pening yang pada tahun 2012 termasuk dalam kualitas sedang dan tahun 2022 menjadi rusak.
2	IFL	1,58	0,15	-1,43	Kualitas lingkungan pada kawasan Sub DAS Rawa Pening mengalami penurunan. Hal tersebut dapat dilihat pada tahun 2012 nilainya >1, namun pada tahun 2022 nilainya <1 yang berarti kualitas lingkungan kurang Lestari.
3	IHL	19,06	49,87	30,81	Peningkatan pada Indeks Hutan Lindung (IHL), dikarenakan proporsi hutan lindung terhadap suatu wilayah yaitu 30% dan pada tahun 2022 kawasan hutan mengalami penurunan yang cukup signifikan sehingga mempengaruhi hasil perhitungan pada IHL.
4	IKL	0,30	0,18	-0,12	Nilai IKL mengalami penurunan pada tahun 2012 dan 2022 kemampuan kawasan lindung wilayah belum optimal dikarenakan luas kawasan lindung pada tahun 2022 apabila diproporsikan memperoleh hasil 0,181 yang berarti kurang dari 1.

Pada tahun 2022 diketahui proporsi hutan lindung semakin meningkat. Hal itu menunjukkan semakin tinggi pula fungsi untuk perlindungan lingkungan pada Sub DAS Rawa Pening. Namun demikian, disisi lain luas hutan dan luas hutan lindung mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hutan tanaman pada tahun 2012 mengalami perubahan menjadi hutan lahan kering sekunder sebesar 479,896 ha, lahan terbuka sebesar 17,334 ha, kawasan permukiman sebesar 376,692 Ha, pertanian lahan kering sebesar 2353,985 ha, pertanian lahan kering campuran sebesar 8374,765 Ha, sawah sebesar 9,856 Ha, dan menjadi semak belukar sebesar 890,148 ha. Peningkatan perubahan tutupan lahan dari hutan ke non hutan di daerah Sub DAS Rawa Pening akan menurunkan kinerjanya sebagai kawasan lindung. Menurut Susetyaningsih (2012), kegiatan-kegiatan pertanian yang dilakukan dengan menambah pembukaan lahan di daerah hulu DAS akan dapat memperburuk kinerja DAS.

Dampak dari menurunnya daya dukung fungsi kawasan lindung di Sub DAS Rawa Pening yang merupakan hulu DAS Tuntang akan memicu terjadinya banjir, sedimentasi yang mengakibatkan pendangkalan, dan lahan kritis. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan Daya Dukung Fungsi Lindung di Sub DAS Rawa Pening adalah sebagai berikut :

- a. Pemberdayaan masyarakat dalam upaya pengelolaan Sub DAS
Sosialisasi peran hutan sebagai pengendali lingkungan kepada masyarakat, perbaikan infrastruktur pedesaan, dan sosialisasi sistem peringatan dini bencana alam.
- b. Penguatan peraturan atau regulasi terkait daya dukung fungsi lindung
Dalam Perda Kabupaten Semarang nomor 6 tahun 2011 mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Semarang Tahun 2011 – 2031 perlu diperkuat tentang strategi pemeliharaan kelestarian daya dukung fungsi lindung seperti : mempertahankan fungsi hutan lindung dan kawasan resapan air, meningkatkan pengelolaan kawasan sempadan sungai sekitar Rawa Pening dan sekitar mata air dari bahaya kerusakan.
- c. Monitoring dan Evaluasi pengelolaan Sub DAS
Pemerintah dapat lebih memperhatikan pengelolaan DAS tidak hanya hubungan dengan biofisik, namun dengan faktor ekonomi dan kelembagaan karena ketiga faktor tersebut dapat mempengaruhi kelestarian berbagai macam penggunaan lahan yang ada di dalam Sub DAS Rawa Pening.
- d. Pengendalian perubahan tutupan lahan hutan menjadi tutupan lahan lainnya
- e. Rehabilitasi hutan yang rusak dengan gerakan penanaman vegetasi pada kawasan hutan di Sub DAS Rawa Pening.

4. KESIMPULAN

Sub DAS Rawa Pening mengalami penurunan fungsi lindung selama periode tahun 2012-2022. Daya dukung fungsi lindung (DDL) pada tahun 2012 sebesar 0,528 (status sedang) dan pada tahun 2022 sebesar 0,291 (status rusak). Penurunan status Daya dukung fungsi lindung (DDL) tersebut, berkaitan dengan perubahan tutupan lahan, khususnya penurunan luas kawasan hutan. Kawasan hutan memiliki peranan yang sangat penting pada daya dukung Sub DAS Rawa Pening yang merupakan hulu DAS Tuntang. Oleh sebab itu perlu adanya upaya pengendalian perubahan tutupan lahan khususnya hutan ke non hutan. Selain itu perlu dilakukan rehabilitasi hutan yang rusak dengan gerakan penanaman vegetasi pada kawasan hutan di Sub DAS Rawa Pening.

REFERENSI

- Abimanyu, K., Banowati, E., & Aji, A. (2016). Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Alam Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang. *Geo Image*, 5(1), 1–7.
- Achmadi, P. N., Dimiyati, M., Manesa, M. D. M., & Rakuasa, H. (2023). Model Perubahan Tutupan Lahan Berbasis Ca-Markov: Studi Kasus Kecamatan Ternate Utara, Kota Ternate. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(2), 451–460. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jtsl.2023.010.2.28>
- Alimsuardi, M., Suprayogi, A., & Amarrohman, F. J. (2019). Analisis Kerusakan Tutupan Lahan Akibat

- Bencana Tsunami Selat Sunda Di Kawasan Pesisir Pantai Kecamatan Carita Dan Kecamatan Labuan Kabupaten Pandeglang. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 146–155.
- Ardi, A. D., & Rahayu, S. (2013). Kajian Kesesuaian Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Arah Pemanfaatan Fungsi Kawasan Sub DAS Rawa Pening. *Jurnal Teknik PWK*, 3(4), 958–967.
- Astuti, F. A., & Lukito, H. (2020). Perubahan Penggunaan Lahan Di Kawasan Keamanan Dan Ketahanan Pangan Di Kabupaten Sleman. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 17(1), 1–6. <https://doi.org/10.15294/jg.v17i1.21327>
- Auliyani, D. (2020). Upaya Konservasi Tanah Dan Air Pada Daerah Pertanian Dataran Tinggi Di Sub-Daerah Aliran Sungai Gandul. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3), 382–387. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.3.382>
- Cahyono, B. E., Febriawan, E. B., & Nugroho, A. T. (2019). Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Tidak Terbimbing Citra Landsat Di Sawahlunto, Sumatera Barat. *Jurnal Teknotan*, 13(1), 8. <https://doi.org/10.24198/jt.vol13n1.2>
- Dody Iskandar. (2017). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Kawasan Lindung Hidrologis Hulu DAS. Desdm. <https://desdm.bantenprov.go.id/Berita/Faktor-Faktor-Yang-Mempengaruhi-Kinerja-Kawasan-Lindung-Hidrologis-Hulu-Das>
- Ekasari, A. M., Burhanudin, H., & Fardani, I. (2022). Analisis Kualitas Sub DAS Citarum Hulu. *Media Komunikasi Geografi*, 23(1), 44–57. <https://doi.org/10.23887/mkg.v23i1.40612>
- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., & Baskoro, D. P. T. (2021). Identifikasi Perubahan Penggunaan Lahan Dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 213–220. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.213>
- Hapsary, M. S. A., Subiyanto, S., & Firdaus, H. S. (2021). Analisis Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Artificial Neural Network Dan Regresi Logistik Di Kota Balikpapan. *Jurnal Geodesi Undip*, 10(2), 1–10.
- Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Analisis Spasial Perubahan Tutupan Lahan Di DAS Wae Batugantong, Kota Ambon. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 149–155. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jtsl.2023.010.1.17>
- Luthfina, M. A. W., Sudarsono, B., & Suprayogi, A. (2019). Analisis Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2010-2030 Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Pati. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 74–82.
- Mubarakah, N., Rachman, L. M., & Tarigan, S. D. (2020). Analysis Of Carrying Capacity Of Crop Agricultural Land In Cibaliung Watershed, Banten Province. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 73–80. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.73>
- Muta'ali, L. (2015). *Teknik Analisis Regional Untuk Perencanaan Wilayah, Tata Ruang Dan Lingkungan* (Cetakan Pertama). Badan Penerbit Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada.
- Pane, F. M. R., Suprayogi, A., & Sabri, L. M. (2020). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Tahun 2013 Dan 2018 Terhadap Peningkatan Debit Puncak Sungai Kaligarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 285–287.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Riswulan, Yanthi, F., Banuwa, Irwan, Sukri., Damai, Abdullah, Aman., Dan Suroso, E. (2021). Kajian Dampak Kerusakan Sub Daerah Aliran Sungai Bulok Terhadap Karakteristik Hidrologi. *Riset Pembangunan Berkelanjutan*, 1(1), 46–57.
- Susetyaningsih, A., (2012). Pengaturan Penggunaan Lahan di Daerah Hulu DAS Cimanuk Sebagai Upaya Optimalisasi Pemanfaatan Sumberdaya Air. *Jurnal Konstruksi*, Sekolah Tinggi Teknologi Garut,
- Tarmizi, A. F. (2019). Uji Akurasi Ketelitian Peta Orthofoto Menggunakan Pesawat Uav Untuk Tata Guna Lahan (Studi Kasus : Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah). *Jurusan Teknik Geodesi S-1*, Fakultas Teknologi Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, 53(9), 1689–1699.
- Utami, W. U., Dwi Wahjunie, E., & Darma Tarigan, S. (2020). Karakteristik Hidrologi Dan Pengelolaannya Dengan Model Hidrologi Soil And Water Assessment Tool Sub DAS Cisadane Hulu. *Jurnal Ilmu*

- Pertanian Indonesia*, 25(3), 342–348. <https://doi.org/10.18343/lpi.25.3.342>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. <https://doi.org/10.1038/132817a0>
- Wibisono, K. (2021). Monitoring Kinerja Das Bedadung Kabupaten Jember , Jawa Timur. *Jurnal Geografi*, 18(1), 52–59. <https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.25964>
- Wicaksono, M. M., Widyandini, A. M., Salsabhila, M. A., Fariz, T. R., Jabbar, A., & Haris, A. (2024). Daya Dukung Fungsi Lindung Wilayah Ibu Kota Nusantara (IKN). *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 13(1), 83-88.
- Wulandari, D., & Suwanda, I. M. (2019). Peran Yayasan Ecoton Dalam Menumbuhkan Kesadaran Ecological Citizenship Pada Masyarakat Daerah Aliran Sungai Brantas (Studi Kasus Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik). *Kajian Moral Dan Kewarganegaraan*, 7(2), 1008–1022.