

PENDUGAAN TINGKAT EROSI LAHAN DENGAN METODE SWAT (SOIL WATER ASSESSMENT TOOL) STUDI KASUS DAERAH ALIRAN SUNGAI CITANDUY

Rama Rosdiana¹ Teguh Nurhadi Suharsono²

¹Magister Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

²Teknik Informatika, Universitas Sangga Buana

¹korespondensi : ramarosdiana@ymail.com

ABSTRAK

Saat ini, Daerah Aliran Sungai di sebagian besar wilayah di Indonesia memikul beban yang cukup besar, hal ini dikaitkan dengan tingginya tingkat kepadatan penduduk yang disertai dengan eksploitasi sumber daya alam secara terus menerus. Permasalahan yang terjadi pada daerah aliran sungai Citanduy antara lain adalah permasalahan lingkungan dimana permasalahan ini tidak terlepas dari pada kondisi tanah yang secara berangsur-angsur memburuk yang ditandai dengan semakin berkurangnya ekosistem hutan yang ada. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui luasan lahan kritis, sebaran erosi, dan tingkat kekritisan pada Daerah Aliran Sungai Citanduy dengan memanfaatkan teknologi Sistem Informasi Geografis. Metode penelitian terdiri dari identifikasi masalah, studi pustaka, pengumpulan data yakni data curah hujan, peta DEM, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan dan data debit observasi, pengolahan data, penentuan nilai pada parameter-parameter sensitif, running SWAT model, kalibrasi dan validasi model dan pemetaan besaran erosi lahan. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan perangkat sistem informasi geografis dengan metode SWAT (Soil and Water Assessment Tool), didapatkan sebanyak 50,01 % lahan dengan luas areal sebesar 1820,484 Km² memiliki tingkat erosi lahan yang tinggi dan sebanyak 48,71% lahan dengan luas sebesar 1773,14 Km² memiliki tingkat erosi lahan dalam kategori sedang sedangkan sisanya yakni sebanyak 1,28% lahan dengan luas areal sebesar 46,61 Km² memiliki tingkat erosi lahan dalam kategori rendah. Untuk Daerah Aliran Sungai Citanduy sendiri rata-rata erosi lahannya adalah sebesar 160,566 Ton/Ha/Tahun.

Kata Kunci: Erosi, Sistem Informasi Geografis, Daerah Aliran Sungai

ABSTRACT

Currently, river basins in most areas of Indonesia bear a significant burden, attributed to high population density coupled with continuous exploitation of natural resources. Environmental issues, such as soil degradation and the dwindling forest ecosystems, are prevalent in the Citanduy river basin. The aim of this research is to determine the extent of critical land, erosion distribution, and the level of criticality in the Citanduy River Basin utilizing Geographic Information System (GIS) technology. The research methodology comprises problem identification, literature review, data collection including rainfall data, Digital Elevation Model (DEM), soil type maps, land use maps, and observational discharge data. Data processing involves determining values for sensitive parameters, running the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model, model calibration and validation, and mapping the magnitude of land erosion. Based on the analysis using GIS with the SWAT method, it was found that 50.01% of the land covering an area of 1820.484 km² has a high level of land erosion, while 48.71% covering 1773.14 km² is categorized as moderate, and the remaining 1.28% covering 46.61 km² is categorized as low. The average land erosion rate in the Citanduy River Basin itself is 160.566 tons/ha/year.

Keywords: Erosion, Geographic Information System, River Basin

PENDAHULUAN

DAS di sebagian besar wilayah di Indonesia memikul beban yang cukup besar, hal ini dikaitkan dengan tingginya tingkat kepadatan penduduk yang disertai dengan eksploitasi sumber daya alam secara terus menerus.

kejadian tanah longsor yang terus meningkat, tingkat erosi lahan dan sedimentasi yang terus bertambah, bencana banjir dan kekeringan yang melanda banyak wilayah merupakan pertanda dimana DAS berada dalam kondisi yang semakin menurun. Namun demikian

desakan terhadap kemampuannya dalam menopang proses kehidupan, baik bagi penduduk di zona upstream, zona midstream maupun bagian zona downstream demikian besar [1]. Pemerintah Indonesia terus melakukan upaya untuk mengurangi laju degradasi Daerah Aliran Sungai (DAS) yang disebabkan oleh perubahan fungsi kawasan hutan atau konservasi menjadi area kegiatan pertanian, terutama di Jawa. Sejak tahun 1970-an, pemerintah telah menerapkan beberapa program rehabilitasi yang berkaitan dengan manajemen DAS dan sumber daya air, termasuk kegiatan reboisasi dan penghijauan, langkah-langkah konservasi tanah, dan berbagai tindakan lainnya [2]. Penggunaan lahan bersifat dinamis, dengan kata lain penggunaan lahan ini secara terus menerus akan mengalami perubahan. Aspek utama yang menjadi penyebab terjadinya perubahan terhadap penggunaan lahan secara periodik adalah sumber daya tanah yang merupakan faktor yang sangat penting dalam pembangunan pertanian. Data sebaran potensi dan status kawasan saat ini merupakan salah satu acuan dalam pengembangan dan pemanfaatan kawasan [3]. Permasalahan yang terjadi pada daerah aliran sungai Citanduy antara lain adalah permasalahan lingkungan dimana permasalahan ini tidak terlepas dari pada kondisi tanah yang secara berangsur-angsur memburuk yang ditandai dengan semakin berkurangnya ekosistem hutan yang ada. Fakta terjadinya penurunan fungsi lahan di daerah aliran sungai citanduy ditunjukkan dengan menurunnya kualitas air, baik secara

fisik maupun kimiawi. Peran Daerah Aliran Sungai (DAS) Citanduy sangat penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem estuari Segara Anakan. Sungai Citanduy berfungsi sebagai penyedia air tawar yang juga membawa sejumlah besar sedimen hasil erosi dan polutan lainnya dari rumah tangga serta kegiatan pertanian [4]. SIG (Sistem Informasi Geografis) dapat dikatakan teknologi yang dominan digunakan di masa sekarang khususnya dalam hal analisis pemetaan untuk berbagai kebutuhan, termasuk digunakan dalam melakukan kajian erosi lahan. Kemampuan sistem informasi geografis dalam mengolah data spasial terbukti sangat kredibel untuk menciptakan produk berupa peta yang mendukung bidang penggunaan sumber daya lahan dan bisa dimanfaatkan sebagai alat dalam memprediksi sebaran erosi tanah serta menyusun strategi untuk pengelolaan dan penanganannya. SWAT adalah sebuah pemodelan tersebar dimana model ini telah terkoneksi langsung dengan sistem pada perangkat GIS dan menggabungkan spasial DSS atau sebuah sistem yang mendukung dalam pengambilan keputusan. Pemodelan SWAT berjalan pada jeda waktu harian yang dibangun untuk memperkirakan pengaruh dalam jangka panjang dari praktik manajemen lahan terhadap sumber daya air, sedimentasi, dan hasil agrokimia di daerah aliran sungai yang besar dan kompleks dengan beragam ilustrasi atau skema, pemanfaatan lahan, dan manajemen lanskap. *Soil Water Assessment Tool* (SWAT) merupakan model hidrologi

skala DAS (Daerah Aliran Sungai) Model *Soil Water Assessment Tool* (SWAT) merupakan sebuah model hidrologi berbasis fisik, deterministik, dan kontinyu pada skala Daerah Aliran Sungai (DAS). Model ini dikembangkan oleh USDA Agricultural Research Service [5]. Berdasarkan permasalahan di atas, maka penting untuk memprediksi erosi tanah yang akan melanda areal DAS Citanduy guna mewujudkan manajemen DAS yang berkelanjutan. Tujuan dibangunnya penelitian ini ialah untuk mengidentifikasi perkiraan erosi lahan yang terjadi di DAS Citanduy dengan menerapkan perangkat sistem informasi geospasial serta diharapkan dapat memberikan sumbangsih kepada ilmu pengetahuan di Indonesia khususnya di lingkungan Universitas Sangga Buana YPKP dalam bidang pelestarian sumber daya air.

TINJAUAN PUSTAKA

Erosi mempunyai pengertian perpindahan atau pengangkutan tanah atau bagian tanah dari satu tempat ke tempat lain secara alami. Jika terjadi erosi, tanah atau sebagian tanah dipindahkan dan diangkut ke satu lokasi, yang selanjutnya diendapkan di lokasi lain. Erosi dan proses terangkutnya tanah terjadi secara alami diakibatkan oleh air dan angin [6]. Hal-hal yang mengakibatkan terjadinya erosi diantaranya adalah kondisi topografi, faktor iklim, jenis tanah serta adanya vegetasi penutup tanah dan kegiatan manusia.

SWAT merupakan model tersebar yang terintegrasi dengan SIG. SWAT adalah model

hidrologi peristiwa berkelanjutan berbasis fisika yang dibangun untuk memperkirakan pengaruh manajemen lahan terhadap sumber daya air, sedimentasi maupun hasil kimia dari lahan pertanian dalam jumlah yang besar, yakni DAS dengan tingkat kerumitan yang tinggi dengan jenis tanah, pemanfaatan lahan, dan manajemen yang berbeda untuk jangka panjang [5]. Siklus air yang dimodelkan dalam *Soil Water Assessment Tool* dengan menggunakan persamaan water balance yang diuraikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - Ea - W_{seep} - Q_{gw}) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

SW_t = Kandungan air tanah akhir

SW_o = Kandungan tanah permulaan pada hari ke-1

t = waktu dalam skala harian

R_{day} = Jumlah curah hujan pada hari ke-i

Q_{surf} = Jumlah aliran permukaan pada hari ke-i

Ea = Evapotranspirasi pada hari ke-i

W_{seep} = Jumlah air yang masuk dalam zona aquifer tanah pada hari ke-i

Q_{gw} = Aliran kembali (return flow)

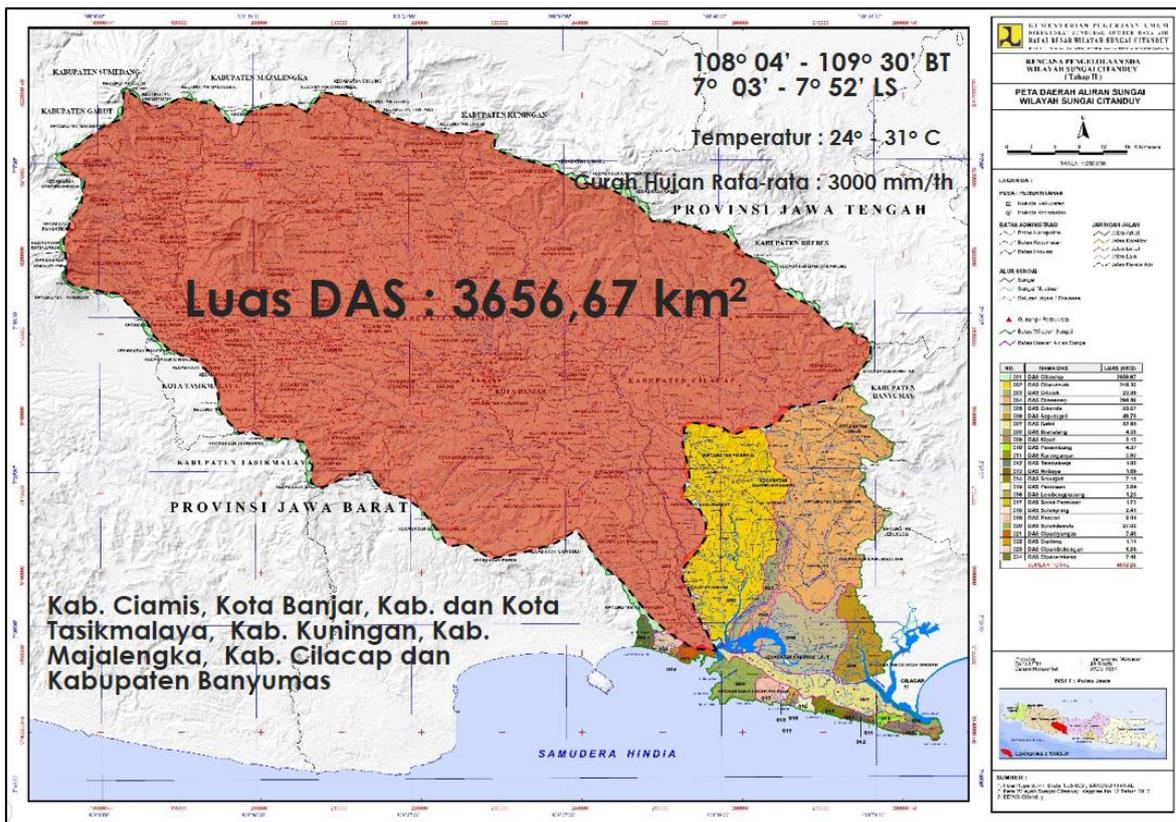
[7].

METODE

DAS Citanduy adalah bagian dari SWS Citanduy dimana DAS Citanduy ini secara administrasi terletak di 2 (dua) wilayah Provinsi yakni Prov. Jabar dan Prov. Jateng,

yang meliputi beberapa wilayah Kabupaten dan Kota di Prov. Jabar dan Prov. Jateng diantaranya adalah: Kota Banjar, Kab. Ciamis, Kab. dan Kota Tasikmalaya, Kab. Kuningan, Kab. Majalengka, Kab. Cilacap dan Kab. Banyumas. Secara geografis kedudukan WS Citanduy berada di posisi 108° 04' hingga 109° 30' BT dan 7° 03' hingga 7° 52' LS. Kondisi cuaca DAS Citanduy terpengaruh oleh dua musim, diantaranya musim penghujan dan musim kemarau.

Kondisi suhu di DAS Citanduy berada pada suhu antara 24° C hingga 31° C diikuti dengan intensitas rata-rata curah adalah sebesar 3.000 mm per tahun. Berbeda dengan yang terjadi di musim kemarau, intensitas curah hujan yang terjadi pada kawasan hulu daerah aliran sungai Citanduy adalah berada pada angka antara 200 – 300 mm/bulan. Peta wilayah sungai citanduy ditampilkan pada gambar 1 sebagai berikut:

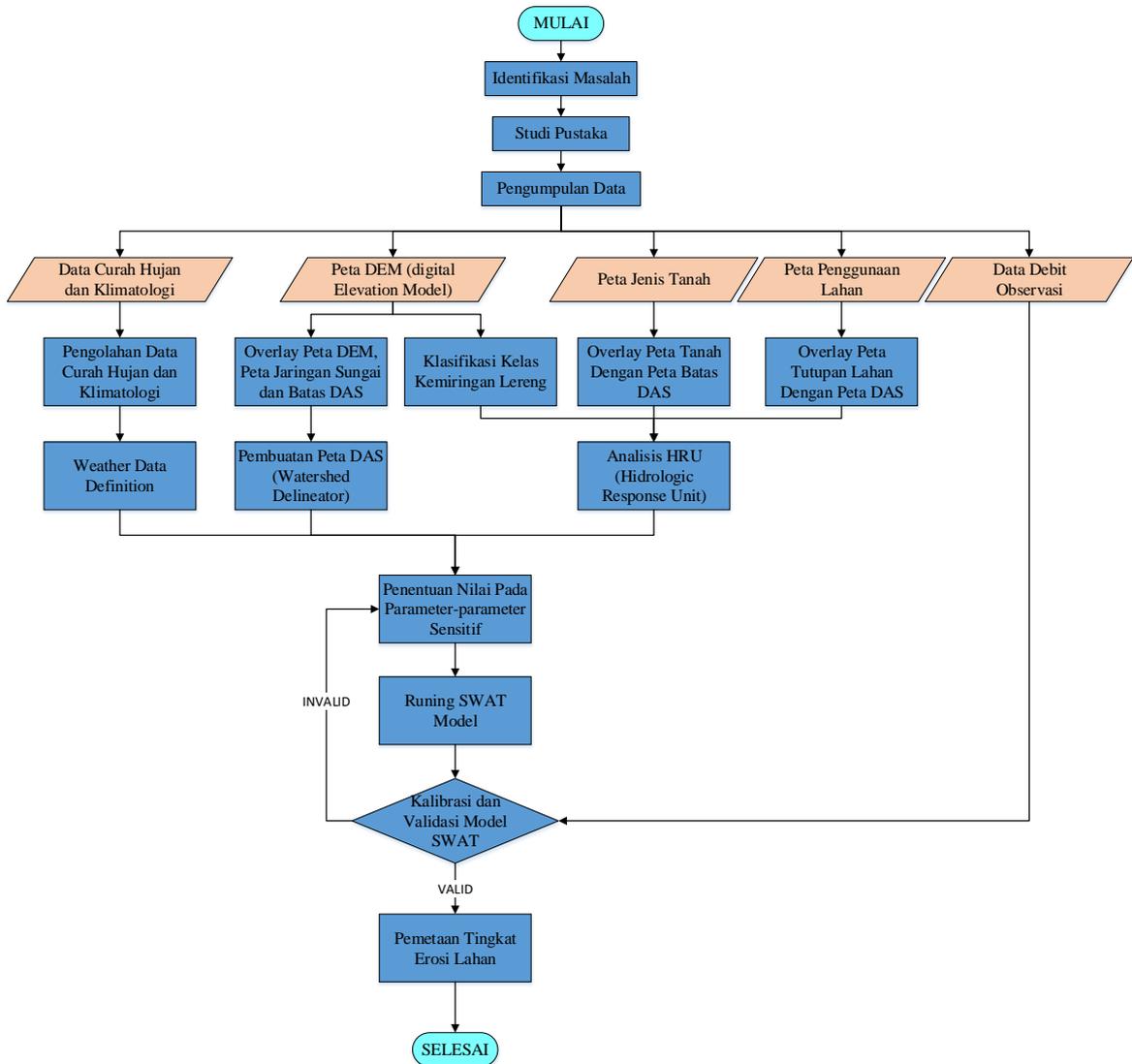


Gambar 1 : Peta dan Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode deskriptif, dimana ini merupakan metode yang pakai untuk mendapatkan elemen, karakteristik, sifat sebuah fenomena. Alur dari metode ini pertama-tama ialah pengumpulan data-data, selanjutnya ialah analisis data dan proses terakhir adalah penterjemahan hasil analisis

data. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: seperangkat komputer, software Arcgis 10.3., Software Arcswat 2012, peta DEM SRTM DAS Kawasan DAS Citanduy, Peta Jenis Tanah, Peta Penggunaan Lahan, Peta Jaringan Sungai, Data Debit Sungai, Data Curah Hujan dan Data Klimatologi.

Bagan alir kegiatan secara terperinci ditampilkan pada gambar 2 sebagai berikut:



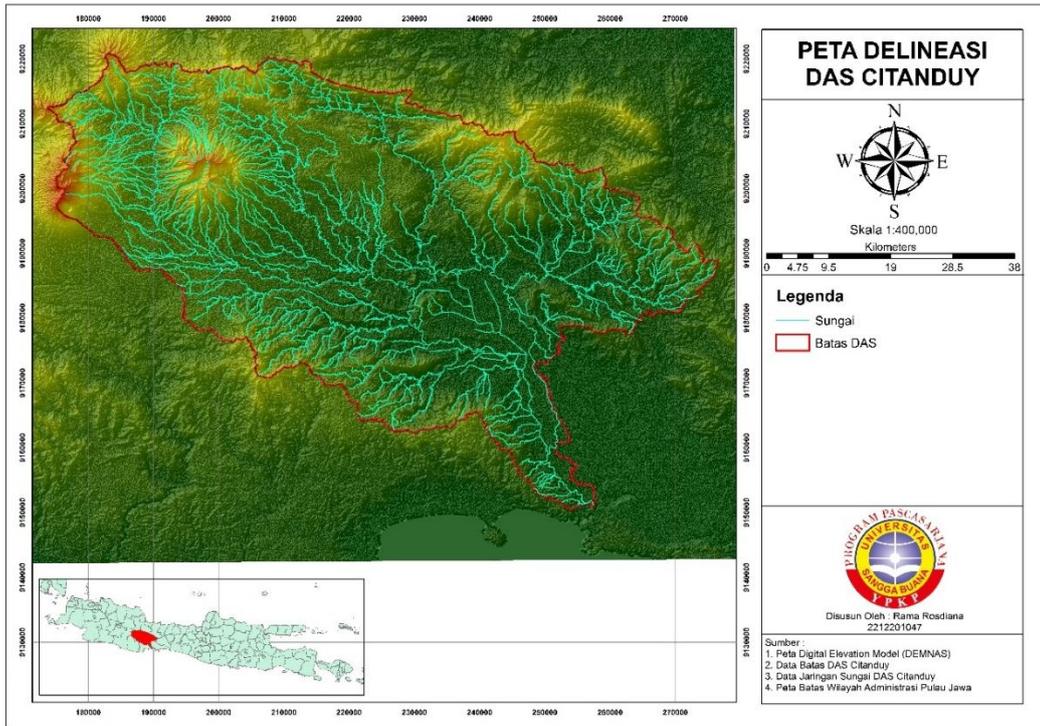
Gambar 2 : Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

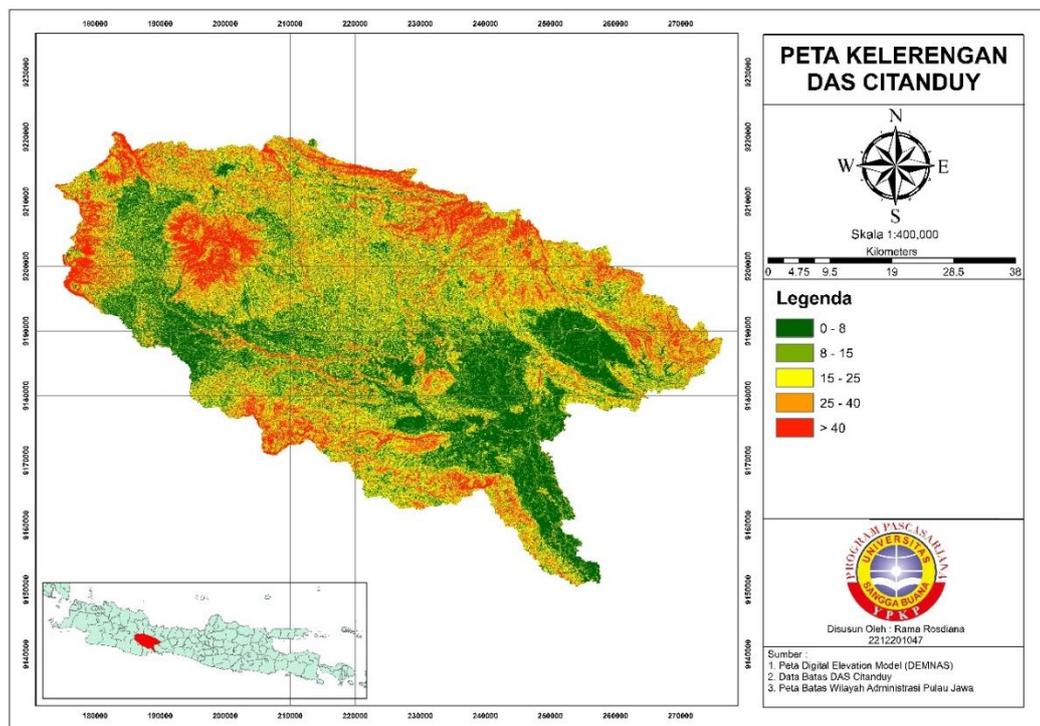
Deliniasi Batas Aliran Sungai Citanduy

Proses deliniasi batas DAS dilakukan berdasarkan outlet utama dari DAS. Hasil

delineasi dan peta kemiringan lereng dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 3 : Peta Deliniasi DAS Citanduy



Gambar 4 : Peta Kemiringan Lereng (Kelerengan) DAS Citanduy

Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Citanduy

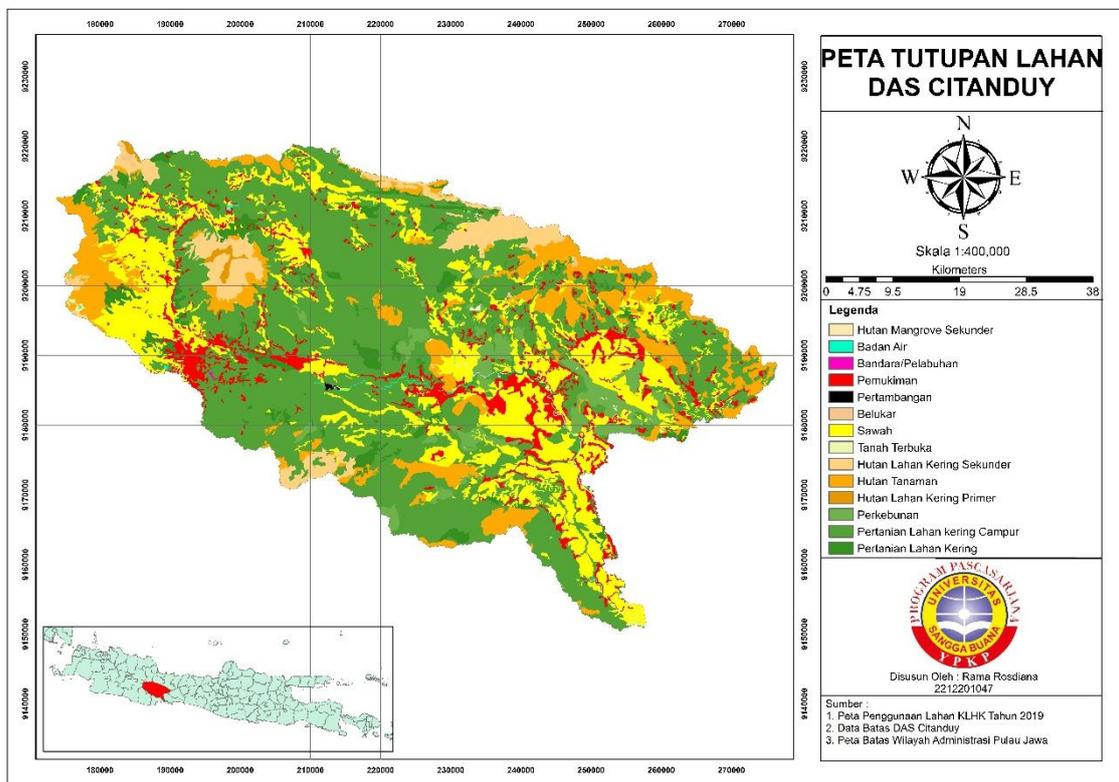
Data tutupan lahan diperoleh dari Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup (KLHK)

Tahun 2019. Data tutupan lahan diklasifikasikan dalam input model SWAT, yang diuraikan dalam Tabel 1 dan Gambar 5 sebagai berikut:

Tabel 1 : Klasifikasi Tutupan Lahan DAS Citanduy

No	Jenis Tutupan Lahan	Definisi Dalam Arcswat	Luas (Km ²)	Persentase (%)
1	Tanah Terbuka	PAST	8,254	0,227
2	Pertanian Lahan Kering	AGRC	142,254	3,908
3	Pertanian Lahan Kering Campur	AGRL	1730,803	47,546
4	Sawah	RICE	774,825	21,285
5	Bandara/Pelabuhan	UTRN	0,432	0,012
6	Pertambangan	UIDU	1,139	0,031
7	Hutan Lahan Kering Primer	FRSD	9,955	0,273
8	Hutan Lahan Kering Sekunder	FRST	170,097	4,673
9	Hutan Tanaman	FRSE	398,390	10,944
10	Belukar	RNGB	4,593	0,126
11	Perkebunan	AGRR	136,418	3,748
12	Permukiman	URBN	257,518	7,074
13	Badan Air	WATR	5,112	0,140
14	Hutan Mangrove Sekunder	WEFT	0,449	0,012
Jumlah			3640,238	100,000

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2019



Gambar 5 : Peta Tutupan Lahan DAS Citanduy Tahun 2019

Jenis Tanah

Daerah Aliran Sungai (DAS) Citanduy berdasarkan data tanah dari FAO mempunyai

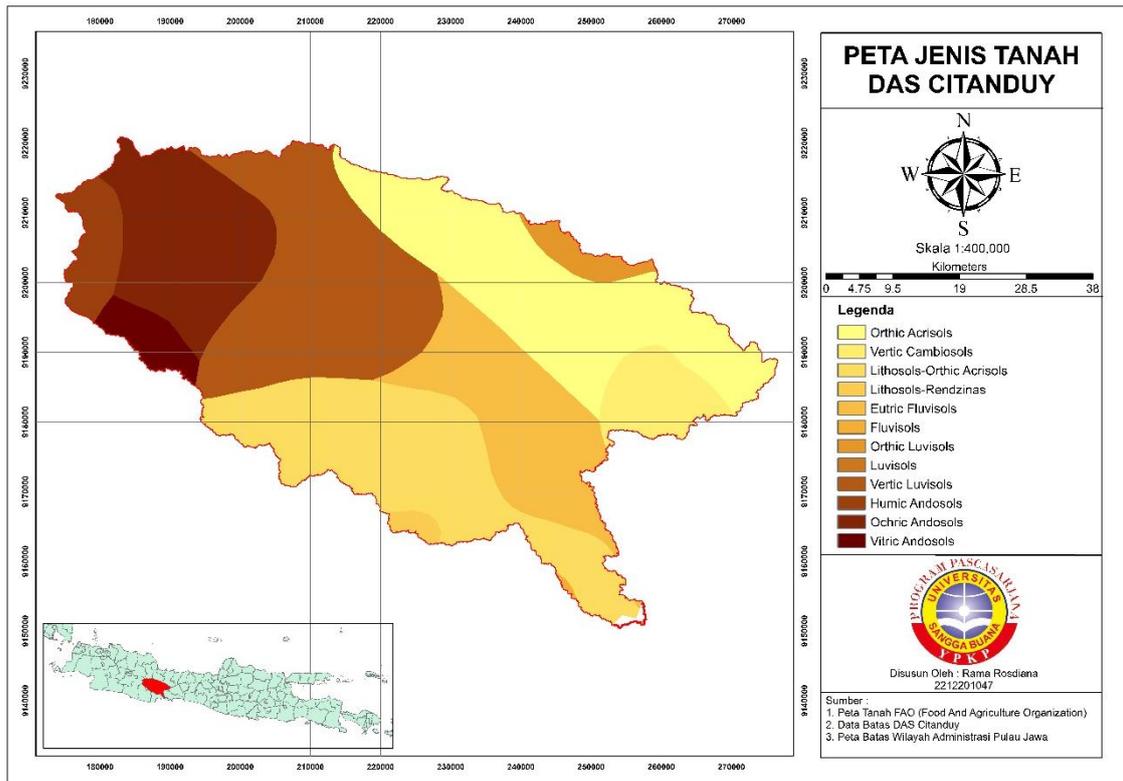
jenis tanah seperti yang diuraikan dalam Tabel 2 dan Gambar 6 sebagai berikut:

Tabel 2 : Jenis Tanah DAS Citanduy

No	Kode	Klasifikasi Tanah	Luas (Km ²)
1	Ao71-2/3c	Orthic Acrisols	753,205

No	Kode	Klasifikasi Tanah	Luas (Km ²)
2	Bv17-3a	Vertic Cambiosols	163,999
3	I-Ao-2/3c	Lithosol-Oethic Acrisols	711,961
4	I-E-3bc	Lithosols-Renzinas	22,979
5	Je62-2/3a	Eutric Fluvisols	483,062
6	Je63-2/3a	Fluvisols	2,875
7	Lo65-2/3b	Orthic Luvisols	63.029
8	Lo66-2/3c	Luvisols	5,510
9	Lv5-3b	Vertic Luvisols	753,795
10	Th17-2c	Humic Andosols	120,792
11	To24-2c	Ochric Andosols	475,835
12	Tv38-1bc	Vitric Andosols	83,195
		Jumlah	3640,238

Sumber : Food and Agriculture Organization (FAO)

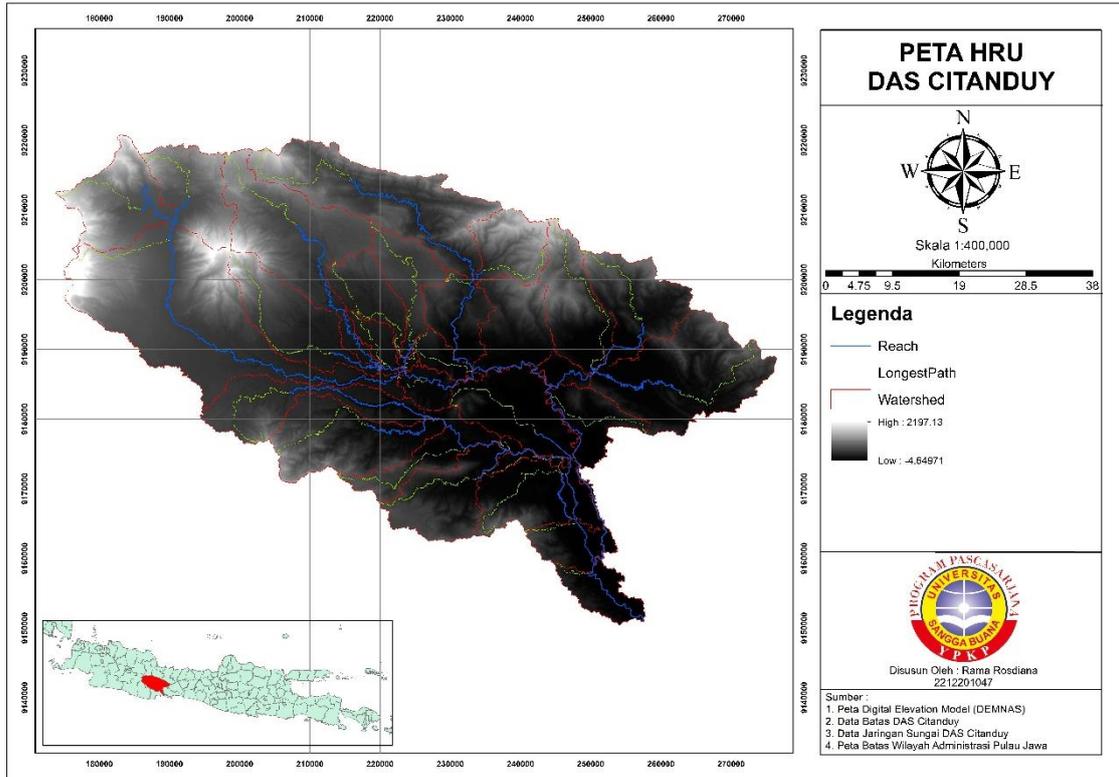


Gambar 6 : Peta Jenis Tanah

Pembentukan Hydrological Response Unit (HRU)

Berdasarkan hasil analisis HRU pada DAS Citanduy dalam penelitian ini, memperoleh

531 HRU, 32 sub DAS dengan total luas area 364024,974 ha. Peta hasil pembentukan HRU DAS Citanduy disajikan pada Gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7 : Peta HRU DAS Citanduy

Data Iklim dan Proses Running

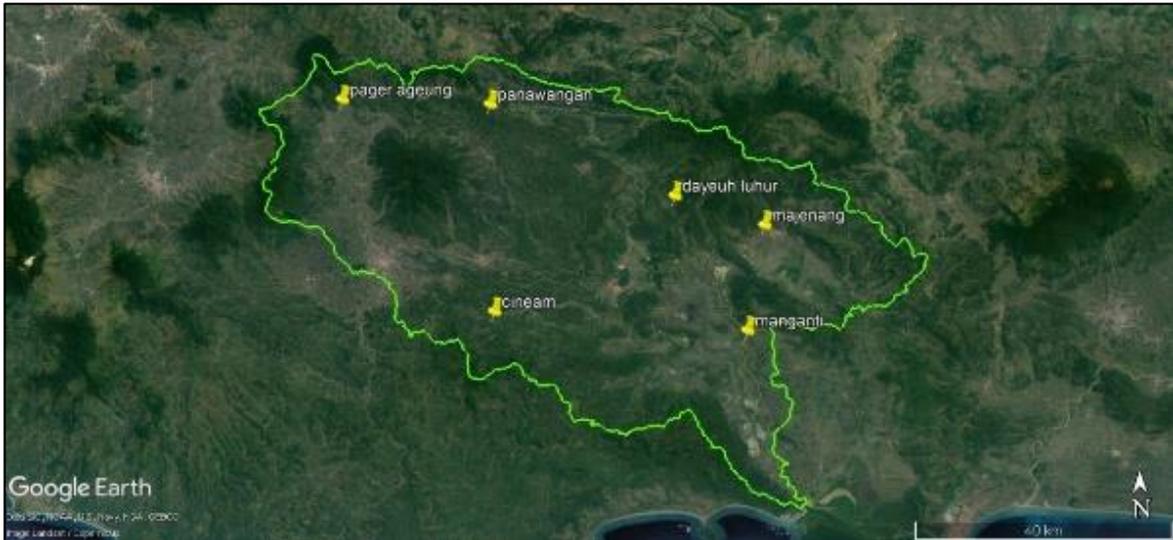
Data curah hujan yang digunakan merupakan data yang didapatkan dari 5 stasiun di sekitar lokasi penelitian, sedangkan untuk data klimatologi didapatkan dari 1 stasiun yang ada di sekitar lokasi penelitian. Seluruh pos hujan dan klimatologi berada dalam wilayah catchmen area DAS Citanduy. Setelah

pengumpulan data iklim, kemudian dilakukan penginputan kedalam aplikasi SWAT dan dilanjutkan dengan proses running yakni dengan memanfaatkan menu SWAT Simulation pada program SWAT. Uraian stasiun curah hujan dan klimatologi terlampir dalam Tabel 3 dan Gambar 8 sebagai berikut:

Tabel 3 :Daftar Stasiun Hujan dan Klimatologi

No	Nama Stasiun	Jenis Stasiun	Koordinat	Elevasi (m)
1	Manganti	Sta. Curah Hujan	7°26'54,36" LS – 108°43'7,69" BT	10
2	Dayeuh Luhur	Sta. Curah Hujan	7°15'32,36" LS – 108°37'14,10" BT	200
3	Pagerageung	Sta. Curah Hujan	7°6'56,96" LS – 108°9'37,38" BT	529
4	Panawangan	Sta. Curah Hujan	7°7'37,78" LS – 108°21'58,76" BT	686
5	Cineam	Sta. Curah Hujan	7°24'52,90" LS – 108°21'57,10" BT	254
6	Majenang	Sta. Klimatologi	7°18'6,94" LS – 108°44'43,11" BT	25

Sumber : BBWS Citanduy

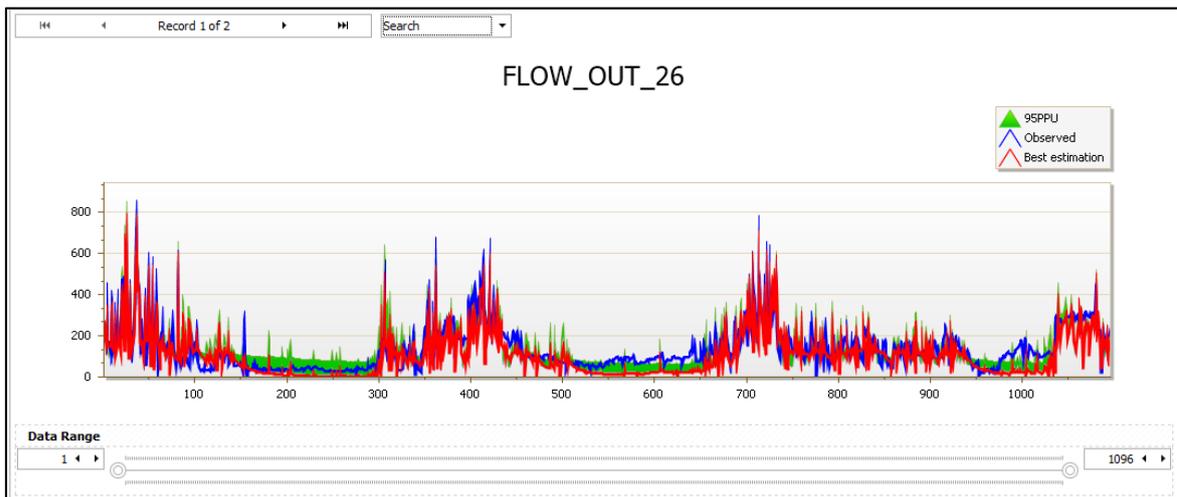


Gambar 8 : Peta Sebaran Stasiun Hujan dan Klimatologi

Kalibrasi dan Validasi

Pada proses kalibrasi dilakukan sebanyak 500 kali iterasi, berdasarkan hasil simulasi pada proses kalibrasi dengan input parameter kalibrasi, didapatkan hasil p-factor sebesar 0,50 r-factor sebesar 0,46 R2 sebesar 0,78 dan

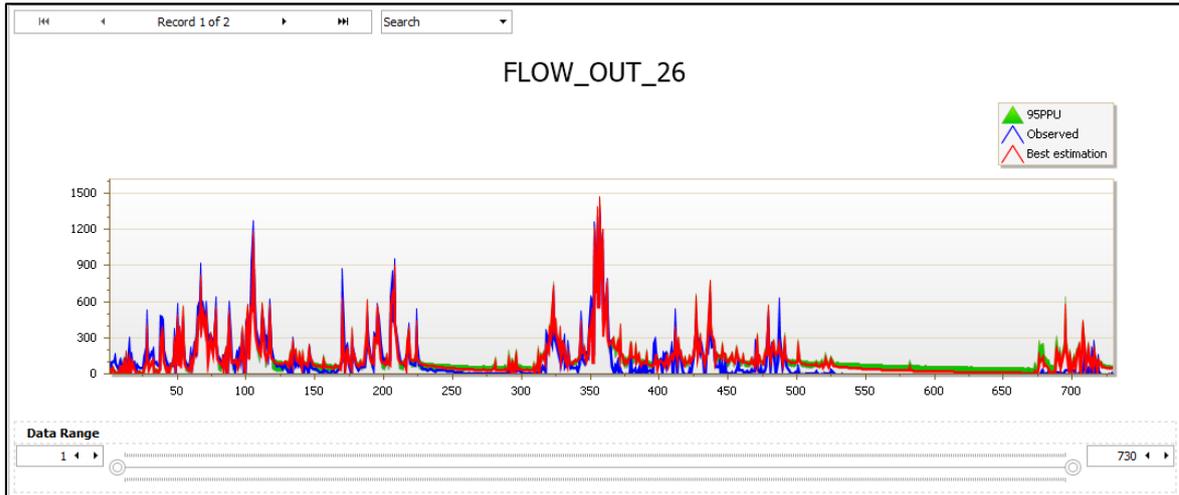
NS sebesar 0,72. Berdasarkan hasil simulasi pada proses kalibrasi didapatkan peningkatan nilai P-faktor, r-factor, R2 dan NS. Grafik hasil kalibrasi ditampilkan dalam Gambar 9 sebagai berikut:



Gambar 9 : Grafik perbandingan output debit model dengan data observasi harian tahun 2011-2013

Evaluasi performa validasi sama dengan evaluasi performa kalibrasi hanya saja parameter yang sudah terkalibrasi digunakan untuk running model SWAT menggunakan data tahun 2014 – 2015 dan hasil simulasi flow out dibandingkan dengan debit observasi

dari tahun 2014 – 2015. Sedangkan hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa nilai koefisien determinisme (R^2) baik yaitu 0,85 dan NSE juga memuaskan yaitu 0,83. Grafik hasil validasi ditampilkan dalam Gambar 10 sebagai berikut:

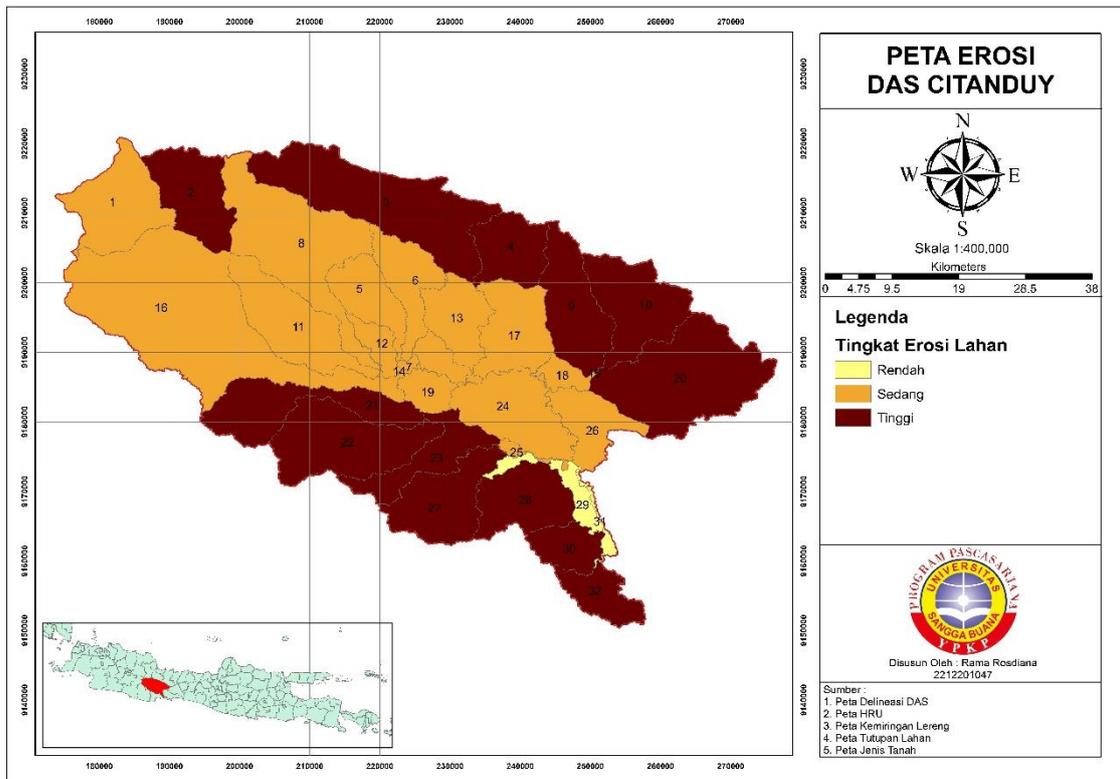


Gambar 10 : Grafik perbandingan output debit model dengan data observasi harian tahun 2014-2015

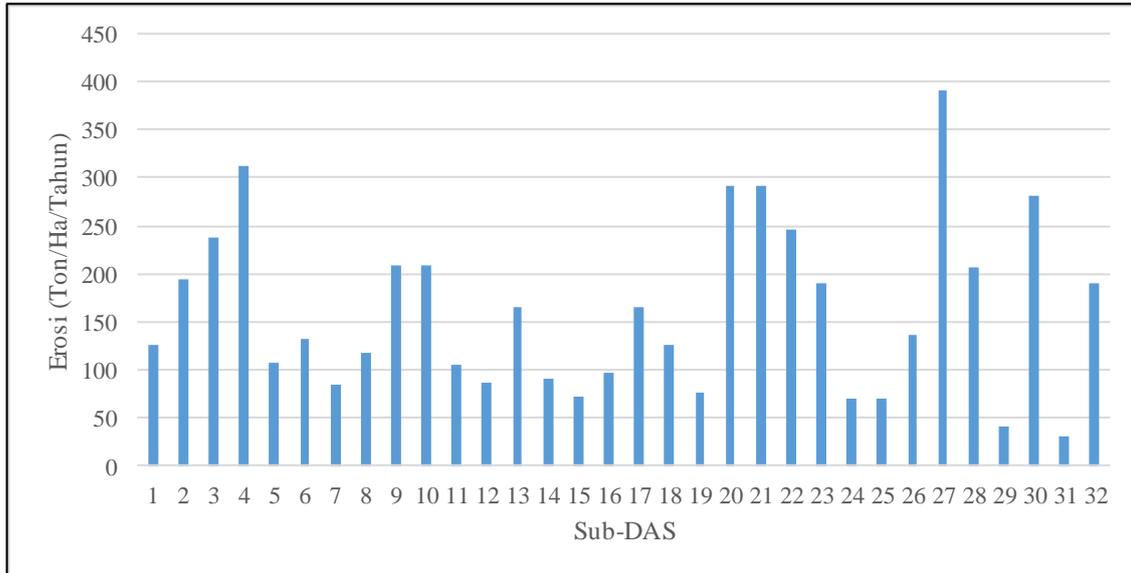
Hasil Analisis Tingkat Erosi Lahan DAS Citanduy

Berdasarkan hasil analisis erosi lahan rata-rata dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2021, didapatkan 3 kategori erosi lahan yang terjadi di daerah aliran sungai citanduy berdasarkan

acuan dari departemen kehutanan tahun 1998 yakni ringan, sedang dan berat. data sebaran erosi, grafik sebaran erosi dan peta erosi lahan ditampilkan pada Gambar 11, Gambar 12 dan Tabel 4 sebagai berikut:



Gambar 11 : Peta Tingkat Erosi Lahan DAS Citanduy



Gambar 12 : Grafik Sebaran Erosi Lahan DAS Citanduy

Tabel 4 : Tabel - Resume Tingkat Erosi Lahan

Sub DAS	Luas Areal	Erosi Lahan (Ton/Ha/Tahun)	Persentase Luas Areal (%)	Tingkat Erosi Lahan
1	142.250	124.851	3.908	Sedang
2	122.100	193.364	3.354	Tinggi
3	280.190	238.284	7.697	Tinggi
4	91.268	311.745	2.507	Tinggi
5	80.757	106.437	2.218	Sedang
6	87.794	132.378	2.412	Sedang
7	4.786	84.852	0.131	Sedang
8	258.980	117.361	7.114	Sedang
9	136.620	207.914	3.753	Tinggi
10	144.100	208.998	3.959	Tinggi
11	151.920	104.806	4.173	Sedang
12	32.450	85.597	0.891	Sedang
13	86.190	164.831	2.368	Sedang
14	0.339	89.645	0.009	Sedang
15	0.168	72.492	0.005	Sedang
16	482.990	95.805	13.268	Sedang
17	149.580	165.930	4.109	Sedang
18	24.745	126.245	0.68	Sedang
19	40.663	74.959	1.117	Sedang
20	262.560	291.816	7.213	Tinggi
21	145.150	291.229	3.987	Tinggi
22	186.260	246.954	5.117	Tinggi
23	90.012	188.996	2.473	Tinggi
24	140.250	70.133	3.853	Sedang
25	9.015	68.946	0.248	Sedang

Sub DAS	Luas Areal	Erosi Lahan (Ton/Ha/Tahun)	Persentase Luas Areal (%)	Tingkat Erosi Lahan
26	80.268	135.793	2.205	Sedang
27	130.700	391.744	3.59	Tinggi
28	113.910	207.023	3.129	Tinggi
29	36.783	39.763	1.01	Rendah
30	57.145	280.262	1.57	Tinggi
31	9.826	29.426	0.27	Rendah
32	60.469	189.536	1.661	Tinggi
Jumlah	3640.238		100	
Rata-rata		160.566		

Sumber : Hasil Analisis 2023

KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan didapatkan sebanyak 50,01% lahan dengan luas areal sebesar 1820,484 Km² memiliki tingkat erosi lahan yang tinggi dan sebanyak 48,71% lahan dengan luas sebesar 1773,14 Km² memiliki tingkat erosi lahan dalam kategori sedang sedangkan sisanya yakni sebanyak 1,28% lahan dengan luas areal sebesar 46,61 Km² memiliki tingkat erosi lahan dalam kategori rendah. Untuk Daerah Aliran Sungai Citanduynya sendiri rata-rata erosi lahannya adalah sebesar 160,566 Ton/Ha/Tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Rabbani, E. S. Hisyam, and F. Fahriani, "Analisis Tingkat Bahaya Erosi (TBE) pada DAS Riding Kabupaten Bangka Barat," *J. Ilm. Rekayasa Sipil*, vol. 18, no. 1, pp. 20–26, 2021, doi: 10.30630/jirs.v18i1.533.
- [2] L. Hidayat, P. Sudira, S. Susanto, and R. Jayadi, "Validasi Model Hidrologi SWAT di Daerah Tangkapan Air Waduk Mrica (Validation of The SWAT Hydrological Model on The Catchment Area of Mrica Reservoir)," *Agritech*, vol. 36, no. 4, p. 467, 2017, doi: 10.22146/agritech.16772.
- [3] N. I. Mansyur, S.P., M.P and R. A.I, "Sebaran Penggunaan Lahan Pertanian Di Kota Tarakan Dan Prediksi Potensi Bahaya Erosi Berbasis (Sig)," *J-PEN Borneo J. Ilmu Pertan.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–7, 2021, doi: 10.35334/jpen.v4i2.2145.
- [4] A. Yekti, B. Sudarsono, and S. Subiyanto, "Analisis Perubahan Tutupan Lahan DAS Citanduy Dengan Metode Penginderaan Jauh," *J. Geod. Undip*, vol. 2, no. 4, 2013.
- [5] S. . Neitsch, J. . Arnold, J. . Kiniry, and J. . Williams, "Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009," *Texas Water Resour. Inst.*, pp. 1–647, 2011, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.063.
- [6] S. Arsyad, "Konservasi Tanah & Air," *Inst. Pertan. Bogor*, p. 496, 2010.
- [7] S. K. Jain, J. Tyagi, and V. Singh, "Simulation of Runoff and Sediment Yield for a Himalayan Watershed Using SWAT Model," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 02, no. 03, pp. 267–281, 2010, doi: 10.4236/jwarp.2010.23031.