

**ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN SEBAGAI BENTUK MITIGASI
SEDIMENTASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LISU**

*LAND USE OPTIMIZATION FOR MITIGATION OF SEDIMENTATION IN
LISU WATERSHED*

TRY ARDIANSAH

P022181005



**PROGRAM STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN WILAYAH
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDN
MAKASSAR**

2021

**ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN SEBAGAI BENTUK MITIGASI
SEDIMENTASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LISU**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Perencanaan Pengembangan Wilayah

Disusun dan Diajukan Oleh

TRY ARDIANSAH

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN SEBAGAI BENTUK MITIGASI
SEDIMENTASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LISU**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**TRY ARDIANSAH
Nomor Pokok: P022181005**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada Tanggal 22 Juli 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

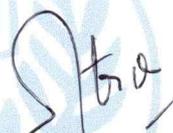
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



**Dr. Ir. Daniel Useng, M.Eng.Sc
NIP. 19620201 199002 1 002**



**Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP
NIP. 19700603 199403 1 003**

**Ketua Program Studi
Perencanaan Pengembangan Wilayah**



**Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng
NIP. 19620727 198903 1 003**

**Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin**



**Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc
NIP. 19670308 199003 1 001**

PERNYATAAN KEASLIAN THESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Try Ardiansah

Nomor Mahasiswa : P022181005

Program Studi : Perencanaan Pengembangan Wilayah

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 22 Juli 2021

Yang Menyatakan



Try Ardiansah

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa dengan selesainya penulisan tesis ini. Topik penelitian ini dilatarbelakangi oleh beberapa penelitian-penelitian, hasil pengamatan dan keadaan yang dirasakan langsung oleh penulis terkait dampak perubahan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap kondisi sumberdaya alam serta pengaruhnya terhadap kehidupan manusia. Maka dari itu penulis bermaksud menyumbangkan ide dan gagasan dalam rangka mengkaji dampak perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi utamanya tingkat sedimentasi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Lisu. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi terkait mitigasi sedimentasi di DAS Lisu, Kabupaten Barru.

Dalam penyelesaian tesis ini, penulis juga menghadapi berbagai kendala. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Daniel Useng, M.Eng.Sc dan Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP selaku Komisi Pembimbing yang telah memberikan saran dan arahan hingga selesainya tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Roland A. Barkey, Dr. Ir. Baharuddin, MP dan Andang Suryana Soma, S.Hut., M.Hut., Ph.D selaku Komisi Penguji yang telah memberikan masukan dalam penulisan tesis ini. Terima kasih juga kepada Keluarga Besar Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan arahan dan diskusi dalam proses penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari penulisan tesis ini masih memiliki berbagai kekurangan, sehingga saran, kritik, dan penelitian lanjutan penulis harapkan mampu menyempurnakan tesis ini.

Makassar, 22 Juli 2021



Try Ardiansah

ABSTRAK

Try Ardiansah. Arahannya Penggunaan Lahan sebagai Bentuk Mitigasi Sedimentasi di Daerah Aliran Sungai Lisu

DAS Lisu merupakan salah satu DAS di Provinsi Sulawesi Selatan dengan status dipulihkan daya dukungnya dan termasuk ke dalam DAS prioritas kedua. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinerja model SWAT dalam memprediksi debit aliran dan hasil sedimen, untuk menentukan pengelolaan lahan optimum pada DAS Lisu. Terdapat beberapa tahapan dalam running model SWAT, antara lain: delineasi batas DAS, pendefinisian HRU, input data iklim, write SWAT input file, run SWAT, kalibrasi dan validasi, serta simulasi parameter hidrologi. Skenario pengelolaan lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah penerapan skenario pola ruang untuk mensimulasikan kondisi hidrologis DAS Lisu sesuai dengan perencanaan wilayah pemerintah Kabupaten Barru. Skenario pola ruang juga menjadi dasar dalam memodifikasi skenario-skenario lain (optimalisasi fungsi kawasan, rehabilitasi lahan kritis, serta teknik konservasi tanah dan air metode vegetatif) untuk mengoptimalkan pengelolaan lahan DAS Lisu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model SWAT mampu mensimulasikan debit aliran DAS Lisu dengan baik, yang ditunjukkan dengan nilai R^2 dan NSE masing-masing 0.72 dan 0.5. Namun, secara umum model masih menunjukkan hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan data observasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario-skenario yang diterapkan secara umum dapat menurunkan aliran permukaan (*surface runoff*; SURQ), hasil air (*water yield*; WYLD), dan aliran lateral (LATQ) serta meningkatkan aliran dasar (*ground water*; GWQ). Kondisi paling baik dihasilkan skenario rehabilitasi lahan kritis, dengan nilai koefisien regim sungai 124.87, penurunan hasil sedimen paling tinggi (88.07 ton/ha)

ABSTRACT

Try Ardiansah. Land Use Optimization for Mitigation of Sedimentation in Lisu Watershed

Lisu watershed in South Sulawesi Province included in the second priority watershed with the carrying capacity recovery. This study aimed to assess the SWAT model performance in predicting flow discharge and sediment yield, to determine the best land management on Lisu watershed. There are several stages in running SWAT model, including: watershed delineation, HRU definition, climate data input, write SWAT input files, run SWAT model, calibration and validation, and hydrological parameters simulation. The land management scenario used in this study is a regional spatial plan scenario (RTRW) to simulate hydrological condition of Lisu watershed in accordance with the regional planning of Barru Regency government. The regional spatial plan scenario (RTRW) is also the basis for modifying other scenario (optimization of forest functions, rehabilitation of critical land, and soil and water conservation techniques with vegetative methods) to optimize land management in Lisu Watershed. The study indicate that SWAT model had a good performance to simulate flow discharge with R^2 and NSE values in calibration process of 0.72 and 0.5 respectively. However, in general the model still showed smaller result than the observational data. The results showed that scenarios could reduce surface runoff, water yield, lateral flow and increase ground water. The best conditions are generated by the critical land rehabilitation scenario, with a river regime coefficient value of 124.87, and the highest decrease in sediment yield (88.07 ton/ha)

Keyword: *Land management scenario, water balance, sediment yield, SWAT model*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN THESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah	4
I.3. Tujuan Penelitian	4
I.4. Manfaat Penelitian	5
I.5. Ruang Lingkup	5
I.6. Pembatasan Masalah	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
II.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)	8
II.2. Erosi.....	9
II.3. Sedimentasi	13

II.4. Soil and Water Assessment Tools (SWAT).....	16
II.5. Perubahan Penggunaan Lahan	19
II.6. Arahan Penggunaan Lahan	20
BAB III. METODE PENELITIAN.....	24
III.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	24
III.2. Jenis dan Sumber Data.....	25
III.3. Pengumpulan Data	26
III.3.1. Pembuatan Data <i>Digital Elevation Model</i> (DEM)	26
III.3.2. Interpretasi Citra	27
III.3.3. Pengumpulan Data Tanah	31
III.3.4. Pengumpulan Data Iklim.....	32
III.4. Analisis Data	32
III.4.1. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan	32
III.4.2. Menjalankan Model Swat.....	33
III.4.3. Rancangan Skenario Pengelolaan Lahan.....	37
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
IV.1. Kondisi Umum Daerah Penelitian	41
IV.1.1. Penutupan Pola Ruang	41
IV.1.2. Kawasan Hutan	42
IV.1.3. Lahan Kritis	44
IV.1.4. Curah Hujan	45
IV.1.5. Debit Aliran Sungai.....	46
IV.1.6. Kondisi Daerah Aliran Sungai.....	47

IV.1.7. Perubahan Penggunaan Lahan.....	47
IV.2. Parameterisasi Model SWAT	52
IV.2.1. Tanah	52
IV.2.2. Penggunaan Lahan	53
IV.2.3. Kemiringan Lereng.....	55
IV.3. Output Model SWAT.....	56
IV.3.1. Delineasi Daerah Aliran Sungai.....	56
IV.3.2. Analisis Sensitivitas	61
IV.3.3. Kalibrasi dan Validasi Debit Aliran.....	64
IV.3.4. Neraca Air	72
IV.4. Respon Hidrologi terhadap Skenario yang Diterapkan.....	76
IV.4.1. Fluktuasi Debit Aliran	76
IV.4.1. Aliran Permukaan, Aliran Lateral, Aliran Dasar, dan Hasil Air	78
IV.4.1. Hasil Sedimen	81
IV.5. Rekomendasi Pengelolaan Lahan.....	83
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	87
V.1. Simpulan	87
V.1.Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....	88
DAFTAR LAMPIRAN	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis data dan sumbernya	25
Tabel 2. Tingkat performa model NSE.....	36
Tabel 3. Luas dan persentase penutupan pola ruang pada DAS Lisu ...	41
Tabel 4. Luas dan persentase fungsi kawasan hutan pada DAS Lisu ...	42
Tabel 5. Luas dan persentase tingkat kekritisn lahan pada DAS Lisu .	44
Tabel 6. Curah hujan wilayah dan debit aliran sungai pada periode 2011-2015 dan 2016-2020	46
Tabel 7. Nisbah debit maksimum dan minimum periode 2011-2020	47
Tabel 8. Perubahan penggunaan lahan tahun 2010-2020.....	48
Tabel 9. Klasifikasi satuan tanah DAS Lisu	52
Tabel 10. Klasifikasi Penutupan/penggunaan lahan DAS Lisu	54
Tabel 11. Kemiringan Lereng DAS Lisu.....	55
Tabel 12. Pengaruh <i>threshol</i> d yang digunakan terhadap output model sebelum proses kalibrasi	58
Tabel 13. Pembagian sub DAS hasil delineasi secara otomatis oleh model SWAT.....	60
Tabel 14. Hasil analisis sensitivitas dengan menggunakan SWAT CUP	62
Tabel 15. Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi debit aliran	63
Tabel 16. Ketersediaan <i>blue water</i> pada DAS Lisu.....	73
Tabel 17. Ketersediaan <i>green water</i> pada DAS Lisu	75

Tabel 18. Nisbah debit maksimum dan minimum pada berbagai skenario yang diterapkan.....	78
Tabel 19. Karakteristik hidrologis DAS Lisu pada berbagai skenario yang diterapkan pada tahun 2020.....	78
Tabel 20. Penurunan hasil sedimen setelah diterapkan skenario pengelolaan lahan.....	83
Tabel 21. Rekomendasi pengelolaan lahan di DAS Lisu	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka pemikiran	7
Gambar 2. Peta lokasi penelitian	24
Gambar 3. Diagram alur penelitian	40
Gambar 4. Peta penutupan pola ruang pada DAS Lisu	42
Gambar 5. Peta fungsi kawasan hutan DAS Lisu	43
Gambar 6. Peta lahan kritis DAS Lisu.....	45
Gambar 7. Curah hujan dan debit rata-rata bulanan periode 2011-2020	46
Gambar 8. Debit aliran sungai bulanan periode 2011 - 2015 dan 2016 - 2020	51
Gambar 9. Peta Satuan Tanah DAS Lisu	53
Gambar 10. Peta klasifikasi penutupan/penggunaan lahan DAS Lisu .	54
Gambar 11. Peta kemiringan lereng	55
Gambar 12. Hasil Delineasi DAS berdasarkan <i>Threshold</i> yang digunakan	57
Gambar 13. Debit aliran pada berbagai <i>threshold</i>	59
Gambar 14. Peta sub DAS hasil delineasi SWAT pada <i>threshold</i> 500 ha	61
Gambar 15. Hidrograf aliran hasil simulasi sebelum kalibrasi dan hidrograf aliran observasi (Januari-Desember 2018)	65
Gambar 16. <i>Scatter plot</i> debit aliran simulasi model sebelum proses kalibrasi.....	66
Gambar 17. Hidrograf aliran hasil kalibrasi model (Januari-Desember 2018).....	70

Gambar 18. Scatter plot debit aliran simulasi model dan observasi pada proses kalibrasi.....	71
Gambar 19. Fluktuasi debit maksimum DAS Lisu Tahun 2020.....	76
Gambar 20. Fluktuasi debit aliran minimum DAS Lisu Tahun 2020....	77
Gambar 21. Hasil Muatan Sedimen berdasarkan Sub DAS	82
Gambar 22. Peta optimalisasi pengelolaan lahan pada DAS Lisu	84
Gambar 23. Penurunan hasil sedimen (ton/ha) setelah dilakukan skenario pengelolaan lahan	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Klasifikasi Muatan Sedimen berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan RI No. P61/Menhut.II/2014	96
Lampiran 2. Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2010.....	96
Lampiran 3. Citra Landsat 8 ETM+ Tahun 2020.....	97
Lampiran 4. Citra SPOT Tahun 2019.....	97
Lampiran 5. Peta Koordinat Pemantauan Curah Hujan & Debit Air Sungai	98
Lampiran 6. Tabel confusion matrix titik pengecekan masing-masing kelas penutupan/penggunaan lahan tahun 2020	99
Lampiran 7. Arahkan Pola Ruang menjadi Klasifikasi Penutupan Lahan dan Klasifikasi SWAT.....	100
Lampiran 8. Perubahan penggunaan lahan DAS Lisu Tahun 2010-2020	101
Lampiran 9. Uji Ortorektifikasi Citra SPOT Tahun 2019.....	102
Lampiran 10. Pivot Tabel Hasil Overlay Pola Ruang dan Fungsi Kawasan	103
Lampiran 11. Pivot Tabel Hasil Overlay Lahan Kritis dan Kelas Kelerengan	104

BAB I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Sumberdaya alam mempunyai peranan yang penting bagi kelangsungan hidup manusia. Pemanfaatan sumberdaya alam yang tidak sesuai dengan daya dukungnya dapat menyebabkan terjadinya erosi, banjir, kekeringan, pendangkalan sungai, waduk serta saluran irigasi. Lahan dan manusia memiliki hubungan yang sangat kompleks dan erat antara satu sama lain dan tidak dapat dipisahkan. Agar manusia dapat memenuhi kebutuhannya seoptimal mungkin, maka sumberdaya alam membutuhkan pengolahan dan pelestarian, pengawetan dan perlindungan.

Di sisi lain, kerusakan lahan dan berkurangnya kemampuan Daerah Aliran Sungai (DAS) meresapkan air merupakan konsekuensi logis dari adanya deforestasi ataupun perubahan penggunaan lahan (Heryani & Sutrisno, 2012), peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas pembangunan lainnya (Dianasari, Andawayanti, & Cahya, 2018; Razianto, Suhartanto, & Fidari, 2015).

Berdasarkan data penggunaan lahan, manusia telah mengubah lebih dari 83% bentuk permukaan bumi (Sunderson, Jaiteh, Levy, Redford, & Wannebo, 2002; Hamilton, Martinuzzi, Plantinga, Radeloff, & Lewis, 2013). Pada kondisi aktual, konversi lahan terjadi dengan cepat. Pola penggunaan lahan yang mengalami perubahan, menyebabkan terjadinya kekritisasi pada lahan.

Pendekatan hidrologi terutama siklus hidrologi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melihat kondisi suatu Daerah Aliran Sungai (Rahmad, Nurman, & Wirda, 2017). Dengan pemodelan hidrologi dapat dilihat proses-proses yang terjadi dalam DAS, juga mampu mensimulasikan respon DAS terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dalam DAS itu sendiri (Ferijal, 2012). Salah satu pemodelan hidrologi yang dapat digunakan adalah pemodelan SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan dalam DAS tersebut (Nugroho, Priyana, & Haryadi, 2015).

Dalam upaya menjaga keberlanjutan pemanfaatan sumberdaya alam, maka DAS sebagai unit perencanaan sumberdaya alam menjadi penting (Soegiyanto, 2014). DAS Lisu merupakan salah satu DAS di Provinsi Sulawesi Selatan dengan status dipulihkan daya dukungnya dan termasuk ke dalam DAS prioritas kedua. Hal ini menunjukkan bahwa DAS Lisu mengalami perubahan dinamis yang menyebabkan terjadinya penurunan daya dukung lahan. Penutupan lahan merupakan salah satu karakteristik biofisik dalam suatu DAS. Perubahan penutupan lahan yang dinamis menyebabkan terjadinya anomali pada DAS yang mengakibatkan perubahan debit oleh tingkat sedimentasi pada suatu DAS. Berkurangnya luas hutan mempengaruhi erosi permukaan sehingga ketika hujan, terjadi peningkatan dan percepatan aliran permukaan. Hal ini akan mengakibatkan

beban sedimen menjadi tinggi sehingga pelumpuran terjadi begitu cepat (Dianasari, Andawayanti, & Cahya, 2018). Sebagai dampak, terjadi penumpukan sedimen yang tinggi pada daerah hilir.

Data lahan kritis nasional berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Nomor: SK.306/MENLHK/PDASHL/DAS.0/7/2018) menunjukkan bahwa 4.48 % areal DAS Lisu masuk kategori sangat kritis, 26.46 % potensial kritis. Areal DAS Lisu yang agak kritis menyebar hampir diseluruh wilayah dengan persentase 40,41 %, sedangkan areal tidak kritis (27,50%) pada umumnya hanya pada daerah hilir. Lahan kritis tersebut sebagian besar disebabkan oleh konversi lahan menjadi permukiman, pertanian lahan kering pada daerah dengan kelerengan curam, serta tindakan pengelolaan lahan yang kurang konservatif. Keutuhan dan kemantapan fungsi DAS Lisu sangat berpengaruh terhadap ketersediaan air untuk kebutuhan pertanian di sebagian wilayah Kabupaten Barru.

Fenomena memburuknya kondisi DAS Lisu perlu dipahami guna menentukan tindakan yang dapat memahami fenomena tersebut. Dengan menggunakan model SWAT, diharapkan dapat diketahui pengelolaan lahan terbaik yang dapat menurunkan hasil sedimen pada DAS Lisu. Hasil dari analisis tersebut sebagai dasar dalam upaya penataan penggunaan lahan secara proporsional, sehingga dapat memberikan arahan kebijakan penggunaan lahan untuk mitigasi sedimentasi.

I.2. Rumusan Masalah

Penggunaan lahan yang berubah dari waktu ke waktu turut mempengaruhi debit aliran dan hasil sedimentasi di DAS Lisu. Hal ini juga akan berdampak pada pendangkalan sungai sehingga menyebabkan terjadinya luapan air sungai pada musim hujan, sungai menjadi keruh akibat partikel sedimen, serta gangguan pada ekosistem sungai. Berdasarkan hal tersebut, maka dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan penggunaan lahan DAS Lisu serta pengaruhnya terhadap debit aliran ?
2. Bagaimana kinerja model SWAT untuk memprediksi debit aliran dan hasil sedimen DAS Lisu ?
3. Bagaimana pengelolaan lahan optimum untuk menurunkan debit aliran dan hasil sedimen DAS Lisu menggunakan model SWAT ?

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengkaji perubahan penggunaan lahan DAS Lisu serta pengaruhnya terhadap debit aliran.
2. Mengkaji kinerja model SWAT untuk memprediksi debit aliran dan hasil sedimen DAS Lisu.
3. Menentukan pengelolaan lahan optimum untuk menurunkan debit aliran dan hasil sedimen DAS Lisu menggunakan model SWAT.

I.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi pemangku kepentingan, khususnya pengambil keputusan dalam merencanakan pengelolaan DAS Lisu.
2. Memberikan masukan dan menentukan pengelolaan lahan terbaik, sehingga dapat memberikan kontribusi dalam perbaikan kondisi DAS Lisu.
3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan yang terkait dengan penelitian ini.

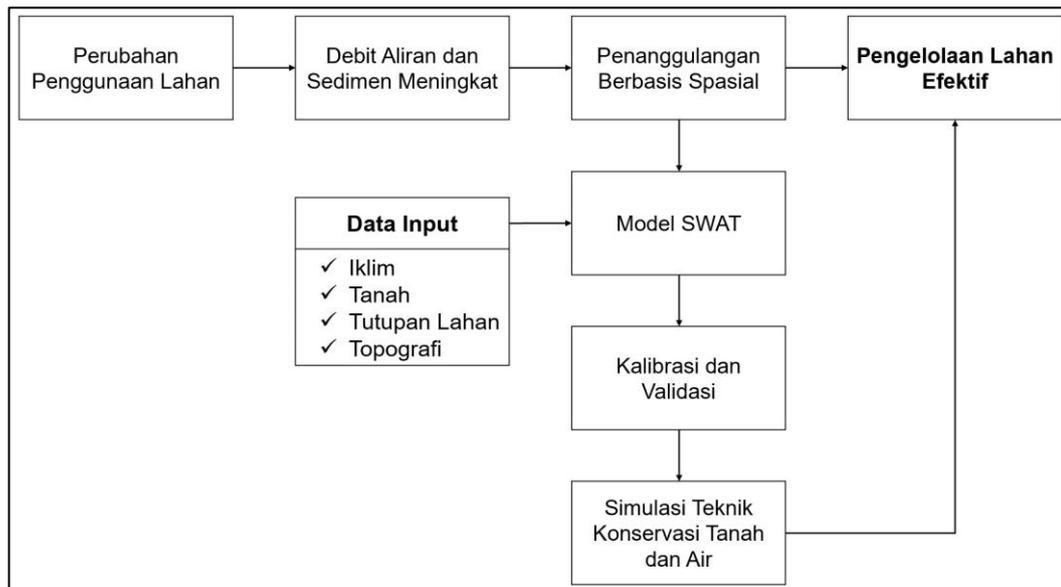
I.5. Ruang Lingkup

Pembangunan yang pesat telah menyebabkan perubahan pola penggunaan lahan, dimana ruang terbangun semakin mendominasi dan mendesak ruang-ruang alami untuk beralih fungsi (Pribadi, Shiddiq, & Ermyanila, 2006). Tingginya desakan terhadap ruang-ruang alami menyebabkan menurunnya kemampuan alami lahan untuk menyerap dan menampung air terutama pada musim penghujan. Sementara itu kemampuan badan sungai untuk mengalirkan air juga semakin menurun yang disebabkan oleh tingginya sedimentasi.

Perubahan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi dapat menimbulkan peningkatan debit aliran dan sedimen (Dunjo, Pardini, & Gispert, 2004; Maalim, Melesse, Belmont, &

Gran, 2013). Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu tindakan penanggulangannya. Sejalan dengan perkembangan teknologi, saat ini telah banyak alat (*tools*) yang dapat digunakan dalam memecahkan permasalahan ini. Model SWAT merupakan salah satu model yang telah banyak digunakan dalam kajian pengelolaan DAS di seluruh dunia.

Model SWAT merupakan salah satu model hidrologi yang telah diakui efektif dalam simulasi hidrologi dan pengelolaan DAS serta telah banyak digunakan saat ini. Model ini dapat melakukan proses secara tepat dalam mengkaji hubungan input, proses dan output dari suatu sistem hidrologi, sehingga dapat mengetahui karakteristik dan respon hidrologi suatu DAS yang luas dalam jangka waktu yang panjang. Model SWAT membutuhkan informasi spesifik mengenai iklim, sifat-sifat tanah, topografi, vegetasi, dan praktik manajemen lahan yang terjadi di DAS untuk menggabungkan persamaan regresi dalam rangka menggambarkan hubungan antara variabel input dan output yang terjadi. Dengan menggunakan model SWAT ini, diharapkan dapat diketahui teknik konservasi tanah dan air yang dapat menurunkan debit aliran dan hasil sedimen DAS Lisu secara efektif.



Gambar 1. Kerangka pemikiran

I.6. Pembatasan Masalah

Secara kewilayahan, penelitian ini dibatasi di DAS Lisu. Secara teknis, permasalahan yang diangkat dalam lingkup penelitian ini menyangkut aspek biofisik (penggunaan lahan, kelerengan, tanah) dari DAS Lisu dan tidak dilakukan kajian pada aspek sosial, ekonomi dan kelembagaan. Respon hidrologi yang diteliti dibatasi pada output hidrologi yang membentuk debit sungai dan hasil sedimen.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Baja (2012), mengemukakan daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu kesatuan sistem wilayah daratan yang dipisahkan dari wilayah lain disekitarnya oleh pemisah alam topografi yang secara alami berfungsi menerima, menampung dan mengalirkan air melalui sungai utama ke laut atau ke danau. DAS diartikan sebagai suatu ekosistem, karena didalamnya terdapat berbagai interaksi ekologi, ekonomi dan sosial. Interaksi itu membentuk suatu unit pengelolaan dalam proses pemanfaatannya.

Definisi Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut DAS menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Pengelolaan DAS dalam pelaksanaannya melibatkan banyak *stakeholders* (para pihak) dan pengambil keputusan, khususnya dalam pemanfaatan sumberdaya alam dengan berbagai tujuannya, sehingga pendekatan multidisiplin merupakan keharusan esensial. Kegiatan dalam pengelolaan DAS harus melibatkan institusi pemerintah dari berbagai

bidang atau sektor serta berbagai kelompok masyarakat. Akan tetapi terlalu banyak pelibatan unsur atau elemen dalam perencanaan dan pengambilan keputusan menjadikan hasil akhir yang kurang efisien/optimal dan kurang memuaskan (Halim, 2014)

II.2. Erosi

Erosi adalah peristiwa berpindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah akibat pengikisan dan pengangkutan dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami berupa air dan angin (Arsyad, 2010). Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah pada suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan di tempat lain.

Menurut Asdak, (2010) proses erosi terdiri atas tiga bagian yang berurutan yaitu pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Sedangkan Ricker, Odhiambo & Chruch (2008) menjelaskan bahwa proses sedimentasi melibatkan tiga fungsi utama yaitu daerah sumber sedimen (*source region*), jaringan pengangkut (*transportasional network*) dan daerah pengendapan (*sink region*). Kerusakan yang ditimbulkan oleh peristiwa erosi dapat terjadi di dua tempat, yaitu pada tanah tempat erosi terjadi dan pada tempat tujuan akhir tanah yang terangkut diendapkan (Arsyad, 2010).

Erosi merupakan kejadian alam yang pasti terjadi dipermukaan bumi. Besarnya erosi sangat tergantung dari faktor-faktor alam di tempat terjadinya erosi tersebut, serta akibat dari aktivitas kehidupan manusia. Faktor-faktor alam yang mempengaruhi erosi adalah erodibilitas tanah,

karakteristik lanskap dan iklim. Sedangkan peran manusia dalam peningkatan laju erosi seperti pemanfaatan lahan yang tidak sesuai peruntukannya dan atau pengelolaan lahan yang tidak didasari tindakan konservasi tanah dan air (Syakur, Suarna, Adnyana, Laksimawati, & Diara, 2010).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Erosi

a. Curah Hujan

Arsyad, (2010) menjelaskan bahwa besarnya curah hujan serta intensitas dan distribusi butir hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan, dan erosi. Air yang jatuh pada tanah-tanah terbuka akan menyebabkan tanah terdispersi. Air hujan yang jatuh kepermukaan tanah, sebagian diserap dan sebagian lainnya mengalir diatas permukaan tanah. Banyaknya air yang mengalir di atas permukaan tanah tergantung pada kemampuan tanah untuk menyerap air (kapasitas infiltrasi). Erosi tanah saat hujan merupakan fenomena yang kompleks sebagai hasil dari pelepasan dan pengangkutan tanah akibat percikan hujan, penyimpanan (*storage*), aliran permukaan dan infiltrasi (Ellison, 1945; Mawardi, 2012).

b. Tanah

Kepekaan erosi tanah adalah mudah atau tidaknya tanah tererosi. Berbagai tipe tanah mempunyai kepekaan terhadap erosi yang berbeda-beda. Menurut Arsyad (2010), beberapa sifat tanah yang mempengaruhi erosi adalah tekstur, struktur, bahan organik, kedalaman, sifat lapisan tanah

dan tingkat kesuburan tanah. Sedangkan kepekaan tanah terhadap erosi menunjukkan mudah tidaknya tanah mengalami erosi, hal ini sangat dipengaruhi oleh sifat fisik tanah. Tanah- tanah yang dalam memiliki permeabilitas kurang peka terhadap erosi daripada tanah yang dangkal. Kedalaman tanah sampai lapisan kedap air menentukan banyaknya air yang dapat diserap tanah yang kemudian mempengaruhi besarnya aliran permukaan.

Secara umum, tanah dengan kandungan debu tinggi, liat rendah dan bahan organik rendah adalah jenis tanah yang paling mudah tererosi (Wischmeier & Mannering, 1969). Jenis mineral liat, kandungan besi dan aluminium oksida serta ikatan elektrokimia didalam tanah juga merupakan sifat tanah yang berpengaruh terhadap erodibilitas tanah (Wischmeier & Mannering, 1969; Liebenow, Elliot, Laflen, & Kohl, 1990)

c. Topografi

Panjang dan kemiringan lereng merupakan dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi. Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat atau persen. Kemiringan lereng 100% sama nilainya dengan kemiringan lereng 45° . Semakin curam dan miring suatu lereng maka akan memperbesar kecepatan aliran permukaan dan energi angkut aliran permukaan (Arsyad, 2010).

Panjang lereng dihitung mulai dari titik pangkal aliran permukaan sampai suatu titik air masuk ke dalam saluran atau sungai, atau dengan kemiringan lereng berkurang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran

air berubah. Air yang mengalir di permukaan tanah akan berkumpul di ujung lereng. Dengan demikian, lebih banyak air yang mengalir dengan kecepatan besar akan menyebabkan erosi yang lebih besar pada bagian bawah daripada bagian atas. Akibatnya adalah tanah-tanah di bagian bawah lereng mengalami erosi lebih besar daripada bagian atas. Semakin panjang lereng permukaan tanah, maka semakin tinggi potensial erosinya karena akumulasi air aliran permukaan semakin tinggi. Kecepatan aliran permukaan semakin tinggi mengakibatkan kapasitas penghancuran dan deposisi semakin tinggi pula (Yulina, Saribun, Adin, & Maulana, 2015)

d. Vegetasi

Menurut Arsyad (2010) vegetasi merupakan lapisan pelindung atau penyangga antara atmosfer dan tanah. Vegetasi mempengaruhi siklus hidrologi melalui pengaruhnya terhadap air hujan yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi, ke tanah, dan batuan di bawahnya. Bagian vegetasi yang berada di atas permukaan tanah seperti daun dan batang menyerap energi perusak hujan sehingga mengurangi dampaknya terhadap tanah, sedangkan bagian vegetasi yang ada di dalam tanah, yang terdiri atas sistem perakaran meningkatkan kekuatan mekanik tanah.

e. Manusia

Aktivitas manusia dalam pengolahan dan pemanfaatan tanah tanpa mengindahkan teknik konservasi telah menyebabkan peningkatan intensitas erosi. Pada sumber kejadian, erosi dapat menghilangkan unsur hara dan lapisan tanah bagian atas yang relatif subur, dalam hal ini

terjadinya kerusakan struktur tanah, maka kondisi tersebut dapat menurunkan produktifitas tanah. Pelumpuran akibat sedimentasi seperti waduk, saluran irigasi dan sungai, hilangnya mata air dan menurunnya kualitas air adalah dampak nyata dari erosi. Akibat lain yang dapat terjadi adalah meningkatnya frekuensi kekeringan dan banjir (Nursa'ban, 2006).

II.3. Sedimentasi

Sedimen adalah hasil dari proses erosi. Erosi dan sedimentasi merupakan proses sebab akibat yang penting dalam suatu bentang lahan, pada jangka pendek maupun jangka panjang (Wahyuningrum, Sudira, Supriyo, & Sabarnurdin, 2014). Erosi dan sedimentasi ini dapat dipengaruhi oleh geomorfologi dan jenis penutupan lahan (Lopez-Vicente & Navas, 2010). Sedimen umumnya mengendap dibagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai dan waduk (Bunganaen, 2011). Sedimentasi sendiri merupakan suatu proses pengendapan material yang ditranspor oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Delta yang terdapat di mulut-mulut sungai adalah hasil dan proses pengendapan material-material yang diangkut oleh air sungai, sedangkan bukit pasir (*sand dunes*) yang terdapat di gurun dan di tepi pantai adalah pengendapan dari material-material yang diangkut oleh angin (Alimuddin, 2012; Rantung, 2013).

Proses erosi dan sedimentasi di Indonesia, yang lebih berperan adalah faktor air, sedangkan faktor angin relatif kecil. Pangestu (2013)

menjelaskan bahwa material yang dihasilkan oleh erosi dan terbawa oleh aliran air dapat diendapkan pada daerah dengan ketinggian lebih rendah. Proses sedimentasi dalam konteks hubungan dengan sungai meliputi penyempitan palung, erosi, angkutan sedimen (*sediment transport*), pengendapan (*deposition*) dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Proses sedimentasi sangat kompleks, dimulai dengan jatuhnya air hujan yang menghasilkan energi kinetik. Partikel halus tanah ikut bersama aliran, sebagian tertinggal diatas tanah, dan bagian lainnya masuk kedalam sungai menjadi sedimen. Besarnya volume sedimen sangat dipengaruhi oleh perubahan kecepatan aliran (debit air yang masuk karena faktor musim hujan dan kemarau), serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Hubungan antara erosi dan sedimentasi dinyatakan dalam nilai nisbah hantaran sedimen (*Sediment Delivery Ratio*, SDR). SDR merupakan rasio antara erosi yang terjadi pada seluruh DAS dengan jumlah sedimen pada daerah luaran (outlet) DAS (Lee & Lee, 2010). Nilai SDR sangat dipengaruhi oleh waktu perjalanan partikel tanah menuju daerah pengendapan dan sedikit sensitif terhadap jenis penutupan lahan (Lopez-Vicente & Navas, 2010). Vente, Poesen, Arabkhedri, & Verstraeten (2007) memaparkan bahwa nilai SDR dapat berkorelasi positif maupun negatif dengan luas DAS. Dalam hal ini nilai SDR lebih ditentukan oleh jenis penutupan lahan, iklim, jenis tanah dan topografi dibandingkan luas DAS.

Terdapat dua macam gerakan sedimen, yaitu gerakan fluvial (*fluvial movement*) dan gerakan massa (*mass movement*) (Pangestu & Haki,

2013). Gerakan fluvial dapat diartikan sebagai Bergeraknya butiran-butiran kerikil kecil yang terdapat di atas permukaan dasar sungai yang dihasilkan oleh kekuatan aliran sungai sedangkan gerakan massa sedimen diartikan sebagai gerakan air bercampur massa sedimen dengan konsentrasi yang sangat tinggi, biasanya pada alur sungai berarus deras ataupun daerah lereng pegunungan. Selain gerakan sedimen, tipe angkutan sedimen juga sangat mempengaruhi sedimentasi pada suatu wilayah DAS. Terdapat tiga macam angkutan sedimen yang terdapat di dalam alur sungai (Mulyanto, 2001), yaitu:

- a. "*Wash Load*" atau sedimen cuci terdiri dari partikel lanau atau debu yang terbawa masuk ke dalam sungai dan tetap tinggal melayang sampai mencapai laut ataupun genangan air lainnya. Sedimen jenis ini hampir tidak mempengaruhi sifat-sifat sungai meskipun jumlahnya yang terbanyak dibanding jenis lainnya, terutama pada saat awal musim hujan. Sedimen ini sebagai hasil dari pelapukan pada wilayah DAS pada musim kemarau sebelumnya.
- b. "*Suspended Load*" atau sedimen melayang terdiri dari pasir halus yang melayang di dalam aliran karena tersangga oleh turbulensi aliran air. Pengaruh sedimen ini tidak begitu besar, namun apabila terjadi perubahan kecepatan aliran, maka dapat berubah menjadi angkutan dasar. Untuk besar butiran tertentu, bila kecepatan punggutnya dilampaui, material akan melayang. Sebaliknya, bila

kecepatan aliran yang mengangkutnya mengecil dibawah kecepatan punggutnya, material akan tenggelam ke dasar aliran.

- c. "*Bed Load*" atau angkutan dasar dimana material dengan besar butiran yang lebih besar akan bergerak menggelincir (*translate*) atau menggelinding (*rotate*) di atas lainnya pada dasar sungai. Gerakannya mencapai kedalaman tertentu dari lapisan sungai. Tenaga penggeraknya adalah gaya seret (*drag force*) dari lapisan dasar sungai.

Proses sedimentasi dapat memberikan dampak yang menguntungkan dan merugikan. Dikatakan menguntungkan karena pada tingkat tertentu adanya aliran sedimen ke daerah hilir dapat menambah kesuburan tanah serta terbentuknya tanah garapan baru didaerah hilir. Tetapi, pada saat bersamaan aliran sedimen juga dapat menurunkan kualitas perairan dan pendangkalan badan perairan (Bunganaen, 2011). Dalam konteks pengelolaan DAS, kegiatan pengelolaan dilakukan umumnya bertujuan mengendalikan atau menurunkan laju sedimentasi karena kerugian yang ditimbulkan oleh adanya proses sedimentasi jauh lebih besar dari pada manfaat yang diperoleh (Asdak, 2010).

II.4. Soil and Water Assessment Tools (SWAT)

Soil and Water Assessment Tools (SWAT) adalah suatu model skala DAS berbasis fisik, deterministik dan kontinyu yang mampu mensimulasikan parameter-parameter hidrologi (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011; Hidayat, Sudira, Susanto, & Jayadi, 2016) pada beragam

karakter dan kondisi wilayah, praktek pengelolaan lahan dalam rentang waktu yang lama (Mechram, 2010; Xie & Cui, 2011).

Model ini pada awalnya membagi DAS menjadi beberapa Sub DAS yang kemudian setiap Sub DAS tersebut akan dibagi kembali menjadi beberapa unit respon hidrologi (*Hidrologic Response Unit*, HRU) berdasarkan tata guna lahan, jenis tanah dan kelas lereng. Dengan asumsi tidak ada hubungan antar HRU, model kemudian mensimulasikan proses hidrologi untuk setiap HRU menggunakan metode neraca air. Simulasi neraca air tersebut meliputi parameter-parameter seperti kandungan air tanah, limpasan permukaan, evapotranspirasi, perkolasi, dan aliran bawah permukaan tanah yang kembali ke sungai (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011).

Pemodelan SWAT dapat mensimulasikan dalam jangka waktu lama, efisien, dengan komponen model yang terdiri dari parameter cuaca, hidrologi, tanah, nutrient, pestisida, bakteri patogen dan sistem pengolahan tanah. Hasil utama model SWAT adalah kondisi hidrologi berupa nilai debit, erosi, dan sedimen terangkut. Nilai-nilai tersebut mencerminkan kondisi hidrologi terkait kinerja DAS seperti Koefisien Regim Sungai (KRS), *Sediment Delivery Ratio* (SDR), dan nilai *coefficient runoff* (C). Kinerja model diukur dengan cara validasi, yaitu kalibrasi dan verifikasi menggunakan kriteria statistik R^2 (*Coefficient of Determination*), Ef atau NSE (*Nash-Sutcliffe model Efficiency*) dan PBIAS (*percent bias*) (Hidayat, Sudira, Susanto, & Jayadi, 2016; Hidayat, Sudira, Susanto, & Jayadi, 2016).

Proses yang diperhitungkan dalam model SWAT yang terjadi di dalam DAS dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$SW_t = SW_0 + \sum t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{sep} - Q_{gw})$$

Dimana:

SW_t = Kandungan lengas tanah pada akhir waktu t (mm)

SW_0 = Kandungan lengas tanah pada awal waktu i (mm)

R_{day} = Presipitasi/hujan harian pada waktu/hari i (mm)

Q_{surf} = Jumlah limpasan permukaan pada waktu/hari I (mm)

E_a = Jumlah evapotranspirasi pada waktu/hari I (mm)

W_{sep} = Jumlah air yang memasuki zona vadose pada profil tanah

(perkolasi) pada waktu/hari i (mm)

Q_{gw} = Jumlah air, aliran balik (mm)

i = 1

t = Waktu (hari)

Dalam memprediksi erosi oleh hujan dan aliran permukaan, model SWAT menggunakan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE), yang merupakan pengembangan lebih lanjut dari *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Berbeda dengan USLE yang menggunakan energi kinetik hujan untuk dasar perhitungan erosi, MUSLE menggunakan faktor aliran untuk prediksi hasil sedimen, sehingga *Sediment Delivery Ratio* (SDR) tidak diperlukan lagi karena faktor aliran sudah mempresentasikan penggunaan energi untuk pemecahan dan pengangkutan sedimen (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011).

II.5. Perubahan Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan (*landuse*) dan penutupan lahan (*land cover*) pada hakekatnya berbeda walaupun menggambarkan hal yang sama, yaitu keadaan fisik permukaan bumi. Penggunaan lahan merupakan suatu bentuk pemanfaatan atau fungsi dari perwujudan suatu bentuk penutup lahan. Istilah penggunaan lahan didasari pada fungsi kenampakan penutup lahan bagi kehidupan, baik kenampakan alami atau buatan manusia. Penggunaan lahan ini adalah hasil akhir dari setiap bentuk campur tangan (intervensi) manusia terhadap lahan di permukaan bumi (Arsyad, 2010).

Penggunaan lahan termasuk komponen sosial budaya karena penggunaan lahan mencerminkan hasil kegiatan manusia atas lahan serta statusnya. Adanya aktivitas manusia dalam menjalankan kehidupan ekonomi, sosial dan budaya sehari-hari berdampak pada perubahan penutup/penggunaan lahan.

Menurut Ritohardoyo (2013), bahwa kenyataan penggunaan lahan baik di pedesaan maupun di perkotaan, menunjukkan suatu kompleksitas, walaupun derajat kompleksitas keduanya berbeda. Perbedaan kompleksitas tersebut terdukung oleh objek-objek bentang alam, bentang budaya, ekosistem, sistem produksi dan sebagainya. Pengetahuan tentang penutupan lahan dan penggunaan lahan penting untuk berbagai kegiatan perencanaan dan pengelolaan yang berhubungan dengan permukaan bumi. Faktor kunci dalam kesuksesan pemetaan penutupan lahan dan penggunaan lahan terletak pada pemilihan skema klasifikasi yang tepat

dirancang untuk suatu tujuan tertentu. Klasifikasi penutupan lahan dan penggunaan lahan merupakan upaya pengelompokan berbagai jenis penutupan lahan atau penggunaan lahan ke dalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Informasi penggunaan lahan berbeda dengan informasi penutup lahan yang dapat dikenali secara langsung dari citra penginderaan jauh (Yollanda, Tjaturahono, & Arifien, 2011)

Informasi penutupan lahan yang akurat merupakan salah satu faktor penentu dalam meningkatkan kinerja dari model-model ekosistem, hidrologi dan atmosfer. Penutupan lahan juga mengandung informasi dasar dalam kajian geoscience dan perubahan global (Cahyono, Febriawan, & Nugroho, 2019).

II.6. Arahannya Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan seperti yang telah diutarakan sebelumnya adalah setiap bentuk intervensi (campur tangan) terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual. Sedangkan Penggunaan lahan menghubungkan manusia dengan lingkungan biofisik (Baja, 2012). Sebaliknya, karakteristik dan perubahan lingkungan biofisik mempengaruhi pengambilan keputusan dalam penggunaan lahan. Dengan demikian, terjadi suatu keadaan yang kontinyu yang dihasilkan dari interaksi antara subsistem alam (biofisik) dan atau subsistem manusia (sosial) dari lahan, sepanjang perubahan dari keadaan alami (hutan, pertanian) ke keadaan berkembang (perkotaan).

Baja (2012) mengemukakan bahwa tata guna lahan merupakan wujud dalam ruang di alam tentang bagaimana penggunaan lahan tertata, baik secara alami maupun direncanakan. Dari sisi pengertian perencanaan sebagai suatu intervensi manusia, maka lahan secara alami dapat terus berkembang tanpa harus ada penataan melalui suatu intervensi. Sedangkan pada keadaan yang direncanakan, tata guna lahan akan terus berkembang sesuai dengan upaya perwujudan pola dan struktur ruang pada jangka waktu yang ditetapkan. Sedangkan menurut Hardjowigeno & Widiatmaka (2011) Perencanaan tata guna lahan dapat didefinisikan sebagai perencanaan yang mengatur jenis-jenis penggunaan lahan di suatu daerah agar dapat digunakan secara optimal, yaitu memberi hasil yang tertinggi dan tidak merusak tanahnya sendiri dan lingkungan.

Tujuan perencanaan tata guna lahan adalah untuk mendapatkan penggunaan terbaik dari lahan melalui pencapaian efisiensi, kesetaraan dan penerimaan, dan keberlanjutan. Suatu penggunaan lahan harus ekonomis dan produktif, jenis dan sebaran penggunaan lahan diterima secara sosial oleh masyarakat setempat, dan lestari. Efisiensi (*Efficiency*) memberi makna bahwa dalam jenis penggunaan lahan pada areal tertentu akan memberikan keuntungan besar dengan biaya terendah. Efisiensi terkait dengan besaran energi, modal, dan waktu yang digunakan untuk memperoleh suatu standar output yang ditetapkan. Kemudian, efisiensi juga mengacu pada kelayakan ekonomi dari rencana penggunaan lahan

dengan tujuan untuk menciptakan kondisi penggunaan lahan yang efisien dan produktif (Baja, 2012).

Hardjowigeno & Widiatmaka (2011) menyatakan ruang lingkup perencanaan tataguna lahan meliputi: (1) penilaian secara sistematis potensi tanah dan air (2) mencari alternatif-alternatif penggunaan lahan terbaik dan (3) menilai kondisi ekonomi, sosial dan lingkungan agar dapat memilih dan dapat memilih dan menetapkan tipe penggunaan lahan yang paling menguntungkan, memenuhi keinginan masyarakat dan dapat menjaga tanah agar tidak mengalami kerusakan dimasa mendatang.

Keberlanjutan dalam penggunaan lahan berupa terpenuhinya kebutuhan saat ini, dan pada saat yang sama dapat mengkonservasi sumberdaya alam untuk generasi mendatang. Untuk mencapai itu, diperlukan kombinasi dari upaya produksi dan konservasi. Tindakan eksploitasi yang berlebihan terhadap lahan akan merugikan masa depan dan generasi mendatang. Sebagai contoh, dalam tata guna lahan DAS, keberlanjutan penggunaan lahan daerah hilir sangat ditentukan oleh jenis pemanfaatan dan pengelolaan lahan pada daerah hulu (Baja, 2012).

Kodoatie & syarief (2010) mengemukakan bahwa penataan ruang merupakan bagian dari pengelolaan sumberdaya air karena dapat mengatur ketersediaan air. Peruntukan penggunaan lahan dibagi menjadi dua yaitu fungsi lindung atau daerah konservasi sebagai sumber daya air dan fungsi budidaya sebagai sumber pendayagunaan air. Pemenuhan aspek konservasi sumber daya air adalah bagaimana bisa menahan aliran

permukaan (*run-off*) yang sebesar-besarnya dan memberi kesempatan selama-lamanya air untuk masuk kedalam tanah (*infiltrasi*).