

SKRIPSI

**KETERSEDIAAN AIR TAHUN 2020 DAN TAHUN 2031
BERDASARKAN PENUTUPAN LAHAN DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI BALEASE KABUPATEN
LUWU UTARA**

Disusun dan diajukan oleh

EDWIN MELJI PARINGNGANAN

M11116552



**DEPARTEMEN KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

KETERSEDIAAN AIR TAHUN 2020 DAN TAHUN 2031 BERDASARKAN PENUTUPAN LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BALEASE KABUPATEN LUWU UTARA

Disusun dan diajukan oleh

EDWIN MEJI PARINGNGANAN

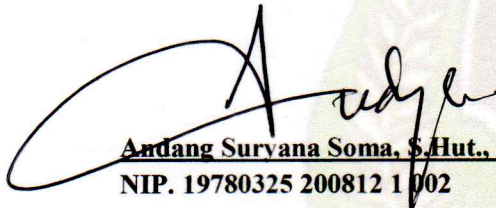
M11116552

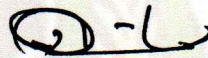
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas
Kehutanan Universitas Hasanuddin
pada tanggal 11 Mei 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Andang Suryana Soma, S.Hut., MP., Ph.D
NIP. 19780325 200812 1 002


Dr. Ir. H. Usman Arsyad, MP., IPU
NIP. 19540107 198503 1 002



Dr. Forest Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.P
NIP. 19790831 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Edwin Meiji Paringnganan
NIM : M11116552
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

”Ketersediaan Air Tahun 2020 dan Tahun 2031 berdasarkan
Penutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Balease Kabupaten
Luwu Utara”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 30 Mei 2022

Yang Menyatakan



Edwin Meiji Paringnganan

ABSTRAK

Edwin Meiji Paringnganan (M11116552), Ketersediaan Air Tahun 2020 dan Tahun 2031 berdasarkan Penutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Balease Kabupaten Luwu Utara di bawah bimbingan Andang Suryana Soma dan Usman Arsyad.

Penutupan lahan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap fungsi tata air Daerah Aliran Sungai (DAS). Berdasarkan data dirjen planologi dan tata lingkungan pada tahun 2014-2016 DAS Balease mengalami perubahan penutupan lahan yaitu berkurangnya kelas berhutan sebanyak 848 ha. Perubahan tersebut berdampak pada meningkatnya potensi banjir pada musim penghujan dan pengurangan air pada musim kemarau, sehingga ketersediaan air juga ikut terpengaruh. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan penutupan lahan pada tahun 2020 dan 2031 serta dampaknya terhadap jumlah ketersediaan air DAS Balease. Penelitian ini menggunakan simulasi *Cellular Automata-Artificial Neural Network* (CA-ANN) untuk melakukan proyeksi perubahan penutupan lahan tahun 2031 dan model *Soil and Water Assessment tool* (SWAT) dalam mensimulasikan kondisi hidrologi dengan data *input* berupa penutupan lahan Tahun 2009, 2015, 2020, jaringan jalan, jenis tanah, *Digital Elevation Model* dan iklim harian. Hasil penelitian menunjukkan penutupan lahan Tahun 2020 yang diproyeksikan pada Tahun 2031 mengalami penambahan pada kelas pertanian lahan kering campur semak sebesar 3.494,80 ha dan perkebunan sebesar 1.892,07 ha sedangkan pengurangan pada kelas semak belukar sebesar 5.952,02 ha dan hutan lahan kering primer sebesar 968,93 ha. Perubahan penutupan lahan mempengaruhi jumlah ketersediaan air, jumlah ketersediaan air berdasarkan penutupan lahan Tahun 2020 sebesar 3.422.866.827,83 m³/tahun dan Tahun 2031 sebesar 3.423.226.974,61 m³/tahun, dimana terjadi peningkatan sebesar 360.146,78 m³/tahun pada tahun 2031 yang diakibatkan oleh perubahan jumlah aliran leteral, aliran air tanah dan aliran permukaan.

Kata kunci: DAS Balease; Ketersediaan Air; Perubahan Penutupan Lahan; SWAT; CA-ANN

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “**Ketersediaan Air Tahun 2020 dan Tahun 2031 berdasarkan Penutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Balease Kabupaten Luwu Utara**”.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan oleh karena keterbatasan penulis. Namun dengan adanya arahan dan bimbingan dari berbagai pihak berupa pengetahuan, dorongan moril dan bantuan materil sehingga penulisan skripsi ini bisa selesai. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada :

1. Kedua orang tua atas segala doa, kasih sayang, kerja keras, motivasi, semangat, saran dan didikannya dalam membesarkan penulis.
2. Bapak **Andang Suryana Soma, S.Hut., MP., Ph.D** dan **Dr. Ir. H. Usman Arsyad, MP., IPU** selaku dosen pembimbing yang selalu bijaksana memberikan bimbingan, nasehat selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak **Munajat Nursaputra, S.Hut., M.Sc.** dan Ibu **Rizki Amaliah, S.Hut., M.Hut.** selaku penguji yang telah memberikan saran dan kritik untuk penyempurnaan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Administrasi Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin atas bantuannya selama penulis berada di kampus Universitas Hasanuddin.
5. Keluarga besar Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Keluarga Besar Pandu Alam Lingkungan (P.A.L) terkhusus GLADIMULA 23, atas kebersamaan selama ini dan menjadi keluarga selama bergabung di Pandu Alam Lingkungan Kehutanan Universitas Hasanuddin.
7. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini, masih banyak terdapat kekurangan yang perlu diperbaiki, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan dan khususnya kepada penulis sendiri.

Makassar, 30 Mei 2022

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Daerah Aliran Sungai	3
2.2 Siklus Hidrologi	3
2.3 Ketersediaan Air.....	5
2.4 Penutupan Lahan	6
2.5 Teknik Identifikasi Penutupan/Penggunaan Lahan	7
2.5.1 Satelit <i>Landsat</i>	7
2.5.2 Interpretasi Citra	8
2.6 Sistem Informasi Geografis	10
2.6.1 Data Raster.....	11
2.6.2 Data Vektor.....	11
2.7 Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan	11
2.7.1 <i>Quantum GIS</i>	12

2.7.2 Jaringan Syaraf Tiruan (<i>Artificial Neural Network</i>)	12
2.7.3 Otomata Seluler (<i>Celluar Automata</i>)	14
2.8 <i>Soil and Water Assment Tool</i> (SWAT)	15
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat.....	19
3.2.2 Bahan	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	21
3.3.1 Tahap persiapan dan pengumpulan data	22
3.3.2 Tahap Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan.....	26
3.3.3 Tahap <i>Analisis Soil Water Assesment Tool</i> (SWAT).....	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Keadaan Umum	35
4.1.1 Letak dan Luas	35
4.1.2 Topografi.....	35
4.1.3 Tanah.....	36
4.1.4 Iklim.....	38
4.1.5 Penutupan Lahan Tahun 2009, 2015 dan 2020.....	39
4.2 Tahap Proyeksi Perubahan Penutupan lahan.....	44
4.2.1 <i>Input Model</i>	44
4.2.2 <i>Evaluating correlation pearson's</i>	45
4.2.3 <i>Area Changes</i>	46
4.2.4 <i>Transition Potential Modeling</i>	48
4.2.5 <i>Cellular Automata Simulations</i>	49
4.2.6 <i>Validations</i> (Validasi proyeksi perubahan penutupan lahan)	50

4.2.7 Penutupan lahan tahun 2031	51
4.3 Analisis <i>model Soil and Water Assesment Tool</i> (SWAT)	56
4.3.1 Deliniasi Batas Sub DAS	56
4.3.2 Pembuatan HRU	57
4.3.3 Simulasi SWAT	57
4.3.4 Ketersediaan Air Tahun 2020 dan Tahun 2031	59
V. KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Bahan penelitian	19
Tabel 2.	Tabel <i>Confusion Matrix</i>	25
Tabel 3.	Klasifikasi Penamaan Penutupan Lahan untuk Model SWAT	30
Tabel 4.	Parameter Jenis Tanah SWAT	30
Tabel 5.	Luas DAS Balease berdasarkan administrasi	35
Tabel 6.	Luas DAS Balease berdasarkan kelas lereng	36
Tabel 7.	Luas DAS Balease berdasarkan jenis kombinasi tanah.....	37
Tabel 8.	Luas DAS Balease berdasarkan penutupan lahan Tahun 2009, 2015 dan 2020.....	39
Tabel 9.	Tabel <i>confusion matrix</i> titik pengecekan kelas penutupan lahan Tahun 2020.....	43
Tabel 10.	<i>Evaluating correlation</i> pada <i>Variabel independen</i>	46
Tabel 11.	Matriks transisi perubahan (<i>Transition Matrix</i>) penutupan lahan Tahun 2009-2015	47
Tabel 12.	Hasil <i>training</i> model metode <i>Artificial Neural Network</i>	49
Tabel 13.	Penutupan lahan tahun 2020 hasil simulasi <i>cellular automata</i>	50
Tabel 14.	Luas kelas penutupan lahan Tahun 2020 dan 2031.....	51
Tabel 15.	Luas Sub DAS pada DAS Balease	56

DAFTAR GAMBAR

Tabel	Judul	Halaman
Gambar 1.	Struktur ANN.....	13
Gambar 2.	<i>Cellular Automata</i>	14
Gambar 3.	Peta Lokasi Penelitian.....	18
Gambar 4.	Prosedur Penelitian	21
Gambar 5.	Ilustrasi Jaringan <i>Multi Layer Perceptron</i>	27
Gambar 6.	Rata-rata curah hujan bulanan pada tahun 2011-2020	38
Gambar 7.	Peta perubahan penutupan lahan Tahun 2009 – 2020	41
Gambar 8.	(a) Peta jarak ke jalan, (b) jarak ke pemukiman dan (c) jarak ke titik pusat kegiatan masyarakat.....	45
Gambar 9.	Hasil perhitungan nilai <i>kappa</i>	51
Gambar 10.	Persentase perubahan kelas penutupan lahan tahun 2020 dan 2031	53
Gambar 11.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2031 DAS Balease	55
Gambar 12.	Hasil simulasi kondisi hidrologi DAS Balease Tahun 2020	58
Gambar 13.	Hasil simulasi kondisi hidrologi DAS Balease Tahun 2031	59
Gambar 14.	Perbandingan ketersediaan air bulanan pada tahun 2020 dan 2031 pada DAS Balease	60
Gambar 15.	Visualisasi spasial perubahan ketersediaan air tahun 2020 dan 2031 pada DAS Balease	61

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Citra Landsat 7 ETM+ perekaman Tahun 2009	71
Lampiran 2.	Citra Landsat 8 OLI perekaman Tahun 2015	72
Lampiran 3.	Citra Landsat OLI perekaman Tahun 2020	73
Lampiran 4.	Kelas penutupan/penggunaan lahan berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI) 7645:2010	74
Lampiran 5.	Peta Administrasi Kecamatan DAS Balease Kab. Luwu Utara.....	77
Lampiran 6.	Peta Kelerengan DAS Balease Kab. Luwu Utara.....	78
Lampiran 7.	Peta Jenis Tanah DAS Balease Kab. Luwu Utara	79
Lampiran 8.	Parameter fisik dan kimia tanah.....	80
Lampiran 9.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2009 DAS Balease Kab. Luwu Utara	85
Lampiran 10.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2015 DAS Balease Kab. Luwu Utara	86
Lampiran 11.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2020 DAS Balease Kab. Luwu Utara	87
Lampiran 12.	Peta Penyebaran Titik Pengecekan Lapangan DAS Balease.....	88
Lampiran 13.	Kondisi Penutupan Lahan Tahun 2020 Pada DAS Balease	89
Lampiran 14.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2020 Hasil Proyeksi CA	92
Lampiran 15.	Peta Deliniasi Batas DAS Balease.....	93
Lampiran 16.	Rincian ketersediaan air bulanan pada tahun 2020 dan 2031	94
Lampiran 17.	Rincian Ketersediaan Air Sub DAS pada Tahun 2020 dan 2030 .	95

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (2010) menyatakan, bahwa secara nasional ketersediaan air Indonesia sebesar 15.631 m³/kapita/tahun termasuk tinggi di dunia, walaupun masih di bawah Kanada yang 86.700 m³/kapita/tahun, tetapi masih di atas China dan India yang masing-masing 2.100 m³/kapita/tahun dan 1.100 m³/kapita/tahun, secara teoritis Indonesia seharusnya tidak mengalami masalah dalam penyediaan air (Radhika dkk., 2013). Pada kenyataannya Indonesia senantiasa dihadapkan pada permasalahan krusial terkait ketahanan air yang disebabkan karena potensi ketersediaan air bersih dari tahun ke tahun cenderung berkurang akibat degradasi daya dukung Daerah Aliran Sungai (DAS) hulu, yang disebabkan kerusakan hutan yang tidak terkendali (Samekto & Winata, 2010). Hutan sebagai salah satu vegetasi permanen dapat mempengaruhi terjadinya peningkatan atau penurunan kualitas suatu DAS.

Perubahan penutupan lahan merupakan aktifitas terhadap suatu lahan yang berbeda dari sebelumnya, baik untuk tujuan komersial maupun industri. Berbagai aktifitas manusia untuk memenuhi kebutuhannya sebagian besar mengandalkan atau berada diatas lahan. Perubahan luas tutupan lahan mempengaruhi jumlah ketersediaan air (Erlangga, 2013).

Ekosistem DAS yang masih baik memberikan banyak peranan dan manfaat (jasa lingkungan) terhadap manusia dan makhluk hidup di sekitarnya. Penyediaan air terutama di musim kemarau dapat terjamin apabila suatu DAS baik sehingga mampu meredam lonjakan fluktuasi aliran permukaan dan mampu menstabilkan besarnya aliran debit sungai (Nugroho dkk., 2018).

Secara administrasi DAS Balease berada di wilayah Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Dinamika penggunaan lahan yang ada di DAS Balease menyebabkan terjadi dinamika lingkungan. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Dirjen Planologi dan Tata Lingkungan menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan penutupan lahan dari Tahun 2014 sampai 2016, dimana luas lahan berhutan berkurang sebanyak 848 ha (Pratama, 2018). Perubahan yang terjadi

tanpa perencanaan tidak hanya dapat mempengaruhi kondisi fisik dan biologis DAS, tetapi berdampak pula terjadinya fluktuasi aliran permukaan

Kondisi DAS Balease pada saat ini mengalami perubahan karakteristik hidrologi, yang ditandai dengan meningkatnya potensi banjir pada musim penghujan dan pengurangan suplai air pada musim kemarau. Dikutip dari situs *tribunlutra.com* pada Bulan Mei 2017 meluapnya Sungai Balease merendam sembilan kecamatan di Kabupaten Luwu Utara. Selain itu berdasarkan hasil analisis daya dukung ketersediaan air pada Kecamatan Sukamaju Kabupaten Luwu Utara yang dilakukan oleh Mulawarman (2019) menyatakan bahwa daya dukung lingkungan untuk penyediaan air pada musim kemarau tergolong kurang baik atau dalam status rendah hal tersebut dipengaruhi oleh curah hujan, lapisan tanah atau batuan yang dapat menyimpan air serta aktifitas pemanfaatan lahan.

Berdasarkan kondisi tersebut maka penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui dampak perubahan penutupan lahan yang terjadi pada DAS Balease terhadap tingkat ketersediaan air DAS Balease. Penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam menetapkan perencanaan sumberdaya air pada DAS Balease di masa yang akan datang.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui proyeksi perubahan penutupan lahan Tahun 2031 di DAS Balease berdasarkan penutupan lahan Tahun 2009 dan 2020.
2. Mengetahui jumlah ketersediaan air di DAS Balease berdasarkan penutupan lahan Tahun 2020 dan proyeksi perubahan penutupan lahan Tahun 2031.

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan informasi dan *database* tentang proyeksi perubahan penutupan lahan Tahun 2031 serta jumlah ketersediaan air Tahun 2020 dan 2031 yang dapat menjadi referensi bagi kegiatan perencanaan pengelolaan DAS serta menjadi dasar dalam perumusan dan penentuan kebijakan pemerintah setempat dalam pembuatan rencana tata ruang wilayah terkait tata guna lahan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) 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 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2012 dalam Mandy, 2018). Wilayah daratan tersebut dinamakan Daerah Tangkapan Air (DTA atau *catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam (Asdak, 2010).

Pengelolaan DAS adalah suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan, dengan daerah bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Perubahan penggunaan lahan di daerah hulu akan memberikan dampak di daerah hilir dalam bentuk fluktuasi debit air, kualitas air dan transport sedimen serta bahan-bahan terlarut di dalamnya. Pengelolaan DAS merupakan aktifitas yang berdimensi biofisik (seperti, pengendalian erosi, pencegahan dan penanggulangan lahan-lahan kritis, dan pengelolaan pertanian konservatif); berdimensi kelembagaan (seperti, insentif dan peraturan-peraturan yang berkaitan dengan bidang ekonomi), dan berdimensi sosial yang lebih diarahkan pada kondisi sosial budaya setempat, sehingga dalam perencanaan model pengembangan DAS terpadu harus mempertimbangkan aktifitas/teknologi pengelolaan DAS sebagai satuan unit perencanaan pembangunan yang berkelanjutan (Efendi, 2008).

2.2 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam, dan di atas permukaan tanah. Termasuk di dalamnya adalah penyebaran, daur, dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan

kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri (Asdak, 2010). Arsyad (2010) mengemukakan hidrologi sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari proses penambahan, penampungan, dan kehilangan air di bumi.

Secara alamiah, daur hidrologi menunjukkan gerakan air di permukaan bumi. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, sebagian uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan (Asdak, 2010).

Sebagian besar air hujan yang jatuh menguap sebelum tiba di permukaan bumi, yakni ketika sedang jatuh di daratan yang tidak ada tumbuhan atau benda lainnya, air hujan akan langsung jatuh ke permukaan tanah. Pada tempat yang ada tumbuhan atau benda lain, air hujan yang jatuh akan ditahan dan melekat di permukaan tumbuhan atau benda tersebut. Bagian air yang di tahan dan melekat di permukaan tumbuhan disebut intersepsi (*interception*), dan peristiwa penahanan air di permukaan tumbuhan di sebut peristiwa intersepsi. Bagian air hujan yang ditahan oleh permukaan tumbuhan, sebagian akan menguap ke udara, sebagian lagi yang jatuh langsung ke permukaan tanah disebut lolosan tajuk (*through fall*), sedangkan sebagian lagi yang mengalir di permukaan tumbuhan (ranting, batang) kemudian sampai ke permukaan tanah, disebut aliran batang (*stem flow*) (Arsyad, 2010).

Air hujan yang sampai ke permukaan tanah yang disebut suplai air permukaan tanah, akan mengalir di permukaan tanah atau masuk ke dalam tanah. Air yang mengalir di permukaan tanah disebut aliran permukaan (*runoff*), dan air yang masuk ke dalam tanah disebut air infiltrasi. Peristiwa masuknya air ke dalam tanah disebut infiltrasi (*infiltration*). Air aliran permukaan akan terkumpul di

dalam danau, waduk, dan sungai kemudian mengalir ke laut. Air infiltrasi sebagian akan menguap dari permukaan tanah dan kembali ke udara, sebagian lagi diserap tumbuhan kembali ke udara melalui transpirasi, dan sebagian lagi terperkolasi masuk lebih dalam ke dalam tanah menjadi air bawah tanah (*ground water*) yang kemudian akan masuk ke dalam sungai atau danau melalui aliran bawah tanah (*ground water flow*). Air di dalam danau, waduk, sungai, dan laut akan menguap dan kembali ke udara (Arsyad, 2010).

2.3 Ketersediaan Air

Ketersediaan air adalah jumlah air yang diperkirakan terus menerus ada di suatu lokasi dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Ketersediaan air dalam pengertian sumberdaya air pada dasarnya berasal dari air hujan, air permukaan dan air tanah. Hujan yang jatuh diatas permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai atau wilayah sungai sebagian akan menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian akan mengalir melalui permukaan dan sub permukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisian kembali pada kandungan air tanah yang ada (Bappenas, 2006).

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi ini relatif tetap dari masa ke masa (Suripin, 2002). Ketersediaan air yang merupakan bagian dari fenomena alam, sering sulit untuk diatur dan diprediksi dengan akurat. Hal ini karena ketersediaan air mengandung unsur variabilitas ruang (*spatial variability*) dan variabilitas waktu (*temporal variability*) yang sangat tinggi. Konsep siklus hidrologi adalah bahwa jumlah air di suatu luasan tertentu di permukaan bumi dipengaruhi oleh masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang terjadi. Kebutuhan air di kehidupan kita sangat luas dan selalu diinginkan dalam jumlah yang cukup pada saat yang tepat. Oleh karena itu, analisis kuantitatif dan kualitatif harus dilakukan secermat mungkin agar dapat dihasilkan informasi yang akurat untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air (Sari dkk., 2010)

2.4 Penutupan Lahan

Lahan adalah suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi, dan vegetasi, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaannya. Termasuk didalamnya adalah akibat-akibat kegiatan manusia, baik pada masa lalu maupun sekarang (Hardjowigeno dkk., 2001). Penggunaan lahan (*land use*) merupakan kenampakan sosial ekonomis suatu areal, pengelompokan kelas penggunaan lahannya disesuaikan dengan kegiatan manusia pada bidang tersebut, sedangkan penutupan lahan (*land cover*) merupakan gambaran obyek (kenampakan biofisik) di permukaan bumi yang diperoleh dari sumber data terpilih (umumnya data penginderaan jauh) dan dikelompokkan ke dalam kelas-kelas tutupan yang sesuai dengan kebutuhannya (Badan Standar Nasional Indonesia, 2010).

Perbedaan mendasar antara penggunaan lahan (*land use*) dan penutupan lahan (*land cover*). Penggunaan lahan berkaitan dengan aktivitas manusia yang secara langsung berhubungan dengan lahan, dimana terjadi penggunaan dan pemanfaatan dan sumber daya yang ada serta menyebabkan dampak pada lahan. Produksi tanaman, tanaman kehutanan, pemukiman perumahan adalah bentuk dari penggunaan lahan. Sementara, penutupan lahan berhubungan dengan vegetasi (alam atau ditanam) atau konstruksi oleh manusia (bangunan dan lain-lain) yang menutupi permukaan tanah. Sebagai contoh, hutan, padang rumput, tanaman pertanian, rumah merupakan penutupan lahan. Penutupan lahan adalah fakta dari fenomena sederhana yang dapat diamati dilapangan (Baja, 2012).

Perubahan penggunaan lahan secara langsung menyebabkan perubahan tutupan lahan. Perubahan penutupan lahan diartikan sebagai suatu proses perubahan dari penutupan lahan sebelumnya ke penutupan lain yang bersifat permanen maupun sementara dan merupakan konsekuensi logis dari adanya pertumbuhan dan transformasi perubahan struktur sosial ekonomi masyarakat yang sedang berkembang baik untuk tujuan komersial maupun industri.

Perubahan penutupan lahan pada umumnya dapat diamati dengan menggunakan data spasial dari peta penutupan lahan dari titik tahun yang berbeda (Nurriqi & Suyono, 2012). Data-data penginderaan jauh (*remote sensing data*)

seperti citra satelit, radar, dan foto udara sangat berguna dalam pengamatan perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan (*landuse change*) meliputi pergeseran penggunaan lahan menuju penggunaan lahan yang berbeda atau diverifikasi pada penggunaan lahan yang sudah ada. Secara umum perubahan penggunaan lahan akan mengubah: (a) karakteristik aliran sungai, (b) jumlah aliran permukaan, (c) sifat hidrologis daerah yang bersangkutan (Mayer dan Turner, 1994 dalam Feri, 2007). Klasifikasi penutupan lahan terdiri atas 23 kategori (Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI) 7645:2010)

2.5 Teknik Identifikasi Penutupan/Penggunaan Lahan

Penginderaan jauh berasal dari kata *Remote sensing* yang memiliki pengertian bahwa suatu ilmu dan seni untuk memperoleh data dan informasi dari suatu objek dipermukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak berhubungan langsung dengan objek yang dikajinya. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) merupakan pengamatan suatu obyek menggunakan sebuah alat dari jarak jauh. Penginderaan jauh merupakan suatu metode pengamatan yang dilakukan tanpa menyentuh obyeknya secara langsung. Penginderaan jauh adalah pengkajian atas informasi mengenai daratan dan permukaan air bumi dengan menggunakan citra yang diperoleh dari sudut pandang atas (*overhead perspective*), menggunakan radiasi elektromagnetik dalam satu beberapa bagian dari spektrum elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Campbell, 2011 dalam Pratama, 2018).

2.5.1 Satelit *Landsat*

Satelit *Landsat* merupakan salah satu satelit yang digunakan untuk mengamati permukaan bumi. Satelit yang biasa dikenal sebagai satelit sumber daya alam karena fungsinya adalah untuk memetakan potensi sumber daya alam dan memantau kondisi lingkungan. Instrumen satelit *landsat* telah menghasilkan jutaan citra. Citra tersebut diarsipkan di Amerika Serikat dan stasiun-stasiun penerima *landsat* diseluruh dunia yang memiliki sumber daya untuk riset perubahan global dan aplikasinya pada pertanian, geologi, kehutanan, perencanaan daerah, pendidikan, dan keamanan nasional (Danoedoro, 2012).

Setiap warna dalam citra satelit memberikan makna tertentu. Warna hijau mengidentifikasi adanya vegetasi dan makin hijau warnanya berarti vegetasinya semakin lebat (hutan). Warna biru menunjukkan adanya kenampakan air, dan semakin biru atau biru kehitaman berarti wilayah tersebut tergenang (*water body*). Bila warna biru ada kesan petak-petak yang ukurannya lebih besar dan lokasinya dekat dengan garis pantai berarti areal tersebut adalah areal tambak. Unsur pola dan site/lokasi dapat digunakan untuk membantu mengenali jenis penggunaan lahan dan tanaman/vegetasi yang tumbuh di daerah tersebut (Somantri, 2009).

2.5.2 Interpretasi Citra

Interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Pengolahan citra menjadi data penutupan lahan dilakukan dengan metode interpretasi citra. Teknik interpretasi citra penutupan lahan dilakukan dengan proses digitasi yaitu mengkonversi data analog menjadi data digital yang atributnya dapat ditambah berupa informasi dari objek yang dimaksud. Dalam hal ini dibutuhkan unsur-unsur pengenalan objek ataupun gejala yang terekam pada citra. Unsur-unsur inilah yang dinamakan unsur interpretasi. Ada sembilan jenis unsur interpretasi, yaitu (Sutanto, 1986 dalam Nasir, 2018):

1. Rona/Warna, merupakan karakteristik spektral, karena rona/warna termasuk akibat besar kecilnya tenaga pantulan maupun pancaran. Unsur ini nampak pada citra dengan tingkat cerah dan gelapnya suatu objek. Umumnya rona/warna diklasifikasikan menjadi cerah, agak cerah, sedang, agak kelabu dan kelabu. Tingkatan rona/warna ini diukur secara kualitatif.
2. Ukuran, unsur ini merupakan ukuran dari suatu objek secara kualitatif maupun kuantitatif. Ukuran kualitatif ditunjukkan dengan besar, sedang, dan kecil (seperti : objek hutan dan perkebunan). Sedangkan ukuran dapat diukur secara kuantitatif yang ditunjukkan dengan ukuran objek dilapangan, karena itu skala harus diperhitungkan sebelum interpretasi citra maupun data digit.
3. Bentuk, unsur ini ditunjukkan dengan bentuk dari objek, karena setiap objek mempunyai bentuk seperti : Jalan = memanjang, Lapangan Bola = persegi, dan sebagainya.

4. Tekstur, suatu objek ditunjukkan dengan kehalusan suatu rona, dimana perbedaan rona tidak terlalu menyolok, seperti : rona air jernih, sehingga air jernih/kotor mempunyai tekstur yang halus, tetapi bila objek bervariasi seperti objek hutan belukar, pantulan tenaga dari pohon bervariasi yang ditunjukkan dari tekstur yang kasar.
5. Pola, merupakan unsur keteraturan dari suatu objek di lapangan yang nampak pada citra. Objek manusia umumnya memiliki suatu pola tertentu yang diklasifikasikan menjadi : teratur, kurang teratur, dan tidak teratur.
6. Tinggi, unsur ini akan nampak bila objek itu mempunyai tinggi, dan tiap objek memiliki tinggi kecuali permukaan air, tetapi untuk citra skala kecil tinggi objek tidak nampak. Tinggi dapat diukur bila skalanya memungkinkan, terutama citra foto yang menunjukkan bentuk tiga dimensi.
7. Bayangan, objek yang mempunyai tinggi akan mempunyai bayangan dan bayangan dapat digunakan untuk mengukur tinggi suatu objek. Bayangan ditunjukkan dengan ukuran yang nampak pada citra maupun data digit. Pengukuran panjang bayangan dan mengetahui jam terbang dapat diketahui tinggi suatu objek.
8. Situs, unsur ini merupakan ciri khusus yang dimiliki suatu objek dan setiap objek mempunyai situs, seperti ; lapangan bola mempunyai situs anak gawang dan podium, sawah mempunyai situs pematang atau galengan dan sebagainya. Sehingga tinggi objek diketahui.
9. Asosiasi, unsur ini digunakan untuk menghubungkan suatu objek dengan objek lain, karena kenyataan suatu objek akan berasosiasi dengan objek lain dan berkaitan seperti ; sawah berasosiasi dengan aliran air (irigasi), permukiman dan sebagainya

Interpretasi citra dan data digit dengan menggunakan unsur interpretasi citra tidak harus semua unsur digunakan, meskipun hanya beberapa unsur yang digunakan, tetapi objek dapat diperkirakan maka unsur lain diabaikan. Sebaliknya jika objek belum diketahui dengan semua unsur tersebut, seharusnya objek tersebut dilakukan cekung lapangan (Sugandi, 2010). Faktor-faktor alam yang terbentuk menjadi suatu objek di permukaan bumi pada kenyataan mempunyai keterkaitan antara satu faktor dengan faktor lainnya, dimana faktor-faktor tersebut

saling berinteraksi dan interdependensi. Oleh karena itu objek-objek yang tidak nampak dapat diinterpretasi dengan menggunakan teknik interpretasi. Dalam teknik interpretasi citra, diklasifikasikan menjadi dua, yaitu (Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Pratama, 2018):

a. Teknik Langsung

Teknik interpretasi dilakukan interpretasi citra maupun digit secara langsung terhadap objek-objek yang nampak, seperti: vegetasi dan penggunaan lahan, pola aliran sungai, jaringan jalan dan sebagainya.

b. Teknik Tidak Langsung

Teknik interpretasi yang dilakukan interpretasi terhadap objek-objek yang tidak nampak pada citra maupun data digit, karena tertutup oleh vegetasi dan penggunaan lahan, tetapi objek tersebut dapat diinterpretasi dengan menggunakan asosiasi suatu objek. Artinya mengaitkan objek yang tidak nampak dengan yang nampak, misalnya: jenis tanah, bila diketahui jenis vegetasinya adalah padi dengan morfologinya datar, terdapat sungai, maka dapat diduga bahwa daerah tersebut merupakan tempat sedimentasi dengan material halus, maka objek yang diinterpretasi yang dapat diperkirakan adalah jenis tanah aluvial.

2.6 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis (SIG) adalah sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah, dan menganalisa, serta menyajikan data dan informasi dari suatu obyek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi (Ekadinata dkk., 2008). Dalam artian sederhana sistem informasi geografis dapat disimpulkan sebagai gabungan kartografi, analisis statistik, dan teknologi sistem basis data (*database*) (Irwansyah, 2013). Menurut Burrough and McDonnell (1998) dalam Baja (2012) mendefinisikan GIS dari tiga sudut pandang: kotak (*tool box*), *database*, dan organisasi. Dengan demikian, GIS merupakan suatu sistem pengelola data spasial yang handal (*powerfull*) dan sekaligus sebagai suatu sistem penunjang keputusan (*decision support system*). Dari segi strukturnya GIS terdiri dari komponen-komponen yang meliputi

perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), kumpulan data, sistem pengelolaan data, serta organisasi dimana GIS diimplementasikan.

SIG tidak lepas dari data spasial, yang merupakan sebuah data yang mengacu pada posisi, obyek, dan hubungan di antaranya dalam ruang bumi. Data spasial merupakan salah satu item dari informasi dimana di dalamnya terdapat informasi mengenai bumi termasuk permukaan bumi, di bawah permukaan bumi, perairan, kelautan, dan bawah atmosfer (Irwansyah, 2013). Data spasial sebagai data yang paling penting dalam SIG terdiri atas dua macam, yaitu (Sari D, 2007):

2.6.1 Data Raster

Model data raster menampilkan dan menyimpan spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid. Akurasi model data ini sangat bergantung pada resolusi atau ukuran pikselnya (*sel grid*) di permukaan bumi. Konsep model data ini adalah dengan memberikan nilai yang berbeda untuk tiap-tiap pixel atau grid dari kondisi yang berbeda (Mandy, 2018)

2.6.2 Data Vektor

Model data vektor yang menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis, atau kurva atau poligon beserta atribut-atributnya. Bentuk dasar representasi data spasial di dalam system model data vektor, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x, y) (Mandy, 2018).

2.7 Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan

Identifikasi perubahan penutupan lahan pada suatu wilayah merupakan suatu proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda (Syakur, 2010). Model adalah penyederhanaan suatu sistem tertentu di dunia nyata. Pemodelan penutupan lahan, dibangun dengan mengkombinasikan model dinamika perubahan lahan dengan SIG (Purnomo, 2012). Salah satu *software* yang dapat menjalankan pemodelan berbasis SIG yaitu :

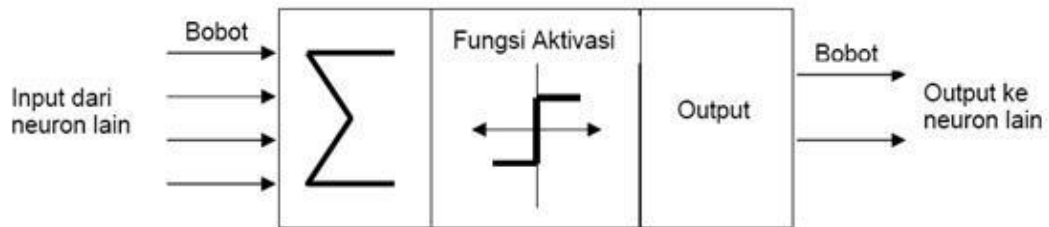
2.7.1 *Quantum GIS*

Quantum GIS (QGIS) adalah *cross-platform* perangkat lunak bebas (*open source*) desktop pada sistem informasi geografis (SIG). Aplikasi ini dapat menyediakan data, melihat, mengedit, dan kemampuan analisis. *Quantum GIS* berjalan pada sistem operasi yang berbeda termasuk *Mac OS X*, *Linux*, *UNIX*, dan *Microsoft Windows*. Perangkat lunak *open source* semakin banyak digunakan di sektor publik maupun swasta. Dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), perangkat lunak *open source* seperti *QGIS* sedang aktif dikembangkan. *Molusce* merupakan *Plugin* pada *QGIS* yang dirancang untuk menganalisis, memodelkan dan mensimulasikan perubahan penggunaan/tutupan lahan. *Plugin* ini menggabungkan algoritma terkenal, yang dapat digunakan dalam analisis perubahan penggunaan/tutupan lahan. *Molusce* sangat cocok untuk menganalisis penggunaan lahan dan perubahan tutupan hutan antara periode waktu yang berbeda; memodelkan penggunaan lahan/menutup potensi transisi atau area yang berisiko deforestasi; dan mensimulasikan perubahan penggunaan lahan dan tutupan hutan di masa depan. *Molusce* terdiri dari lima tahapan yaitu modul *input*, analisis perubahan area, metode pemodelan, simulasi, dan validasi. (Rizkyanto, 2019)

2.7.2 Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran. Prinsip dasar pembelajaran JST hampir sama dengan system kerja otak manusia. Misal: kita ingin mengenalkan buah jeruk pada seorang bayi dengan cara mendekatkan buah jeruk tersebut pada bayi dan mengucapkan kata "jeruk" secara terus menerus maka secara perlahan bayi tersebut akan tahu (kenal) bahwa itu adalah buah jeruk. Jadi saat kita mengucapkan kata "jeruk" maka kekuatan koneksi sinaptik dalam sel syaraf bayi juga akan meningkat dan teraktifasi. Gambaran tersebut

menunjukkan bahwa sel syaraf manusia memiliki kemampuan untuk belajar. Jaringan syaraf tiruan juga memiliki kemampuan untuk belajar hampir sama dengan syaraf pada manusia (Puspitaningrum, 2006).



Gambar 1. Struktur ANN

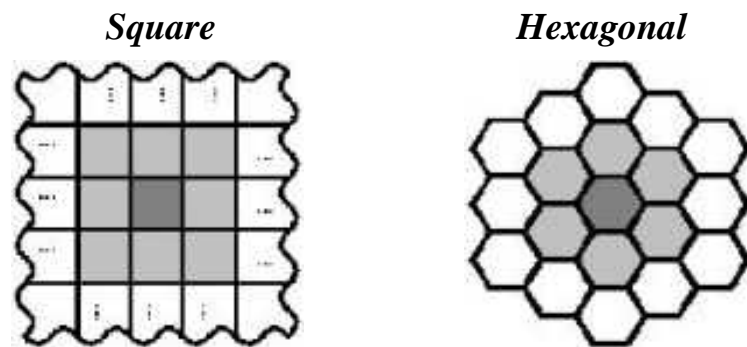
Setiap pola-pola informasi *input* dan *output* yang diberikan kedalam JST diproses dalam neuron. Neuron-neuron tersebut terkumpul didalam lapisan-lapisan yang disebut neuron *layers*. Lapisan-lapisan penyusun JST tersebut dapat dibagi menjadi tiga (Puspitaningrum, 2006), yaitu: **Lapisan Input**, unit-unit di dalam lapisan *input* disebut unit-unit *input*. Unit-unit *input* tersebut menerima pola inputan data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan. **Lapisan Tersembunyi**, unit unit didalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi, dimana outputnya tidak dapat secara langsung diamati. **Lapisan Output**, unit-unit di dalam lapisan *output* disebut unit-unit *output*. *Output* dari lapisan ini merupakan solusi JST terhadap suatu permasalahan.

Aplikasi yang sering menggunakan jaringan syaraf tiruan diantaranya (Kusumadewi, 2003):

1. Pengenalan Pola, jaringan syaraf tiruan sering digunakan untuk pengenalan pola yang sudah sedikit berubah. Misalnya: pengenalan huruf, angka, suara atau tanda tangan. Mirip dengan otak manusia yang masih mampu mengenali orang yang sudah beberapa waktu tidak dijumpai.
2. *Signal Processing*, jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk menekan *noise* dalam saluran telepon.
3. Peramalan, jaringan syaraf tiruan dapat meramalkan apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan pembelajaran pola kejadian yang ada dimasa lalu.

2.7.3 Otomata Seluler (*Celluar Automata*)

Otomata seluler (*cellular automata*) adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial (*spatial distributed process*) dalam GIS, penggunaan otomata seluler dapat dilakukan pada beberapa *software* berbasis spasial salah satunya pada Quantum GIS yang dibantu oleh *Plugin Molusce (Modules for Land Use Cange Evaluation)*. Data terdiri dari susunan sel-sel (*grid*), dan masing-masing diatur sedemikian rupa sehingga hanya diperbolehkan berada di salah satu dari beberapa keadaan. Sel-sel tetangga (*neighborhoods*) merupakan bagian penting yang merepresentasikan kesatuan sel yang berinteraksi langsung dengan pusat cell. Jumlah dari sel tetangga sangat dipengaruhi oleh *lattice* dari sel tersebut. Bentuk pixel *cellular automata* (CA) diperlihatkan pada gambar berikut (Paramita, 2010):



Gambar 2. *Cellular Automata*

Pusat *cell* ditandai dengan warna hitam sedangkan *neighborhoods* ditandai dengan warna abu-abu. *Lattice* yang akan digunakan dalam sistem ini adalah berbentuk *Square* dengan *cell* pusatnya yang berbentuk segiempat, maka sel-sel tetangganya akan semakin banyak. Sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem yang dinamis (Paramita, 2010).

CA merupakan suatu metode untuk memprediksi perubahan sistem dinamika yang bergantung pada aturan sederhana dan berkembang hanya menurut aturan tersebut dari waktu ke waktu. CA melakukan proses komputasi berdasar prinsip ketetanggaan sel (*neighbourhood*). CA sudah banyak dikembangkan untuk berbagai macam aplikasi antara lain untuk prediksi sedimentasi, pemodelan aliran granular, pemodelan arus lalu lintas, prediksi pertumbuhan pemukiman dan

perubahan penutupan lahan. CA merupakan pendekatan komputasi berbasis keruangan yang memiliki keunggulan dalam mengakomodasi dimensi ruang, waktu dan atributnya. CA lebih realistis untuk menemukan rumus transisi yang merepresentasikan tenaga dorongan dan tarikan pada perubahan (Uktoro, 2013). Kelemahan CA adalah lebih menunjukkan proses pertumbuhan dan prediksi tumbuhnya suatu piksel namun tidak memberikan informasi penyebab tumbuhnya yaitu hubungan kekerabatan antar variabel terikat (*dependent variable*) dan variabel bebasnya (*independent variable*). Sedangkan suatu perubahan penutupan lahan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang bersifat *independent* yang harus diakomodasi. Oleh karena itu metode ini sering dikombinasikan dengan metode lain guna mengatasi kelemahan untuk meningkatkan ketelitiannya (Peruge dkk., 2012).

2.8 Soil and Water Assment Tool (SWAT)

Model pengelolaan DAS dapat dilakukan dengan berbagai cara dan salah satu cara yang cukup teliti dan cermat adalah dengan menggunakan *geographic information system (GIS)*. *Soil and Water Assesment Tool (SWAT)* merupakan model kejadian kontinyu untuk skala DAS yang beroperasi secara harian dan dirancang untuk memprediksi dampak pengelolaan terhadap air, sedimen, dan kimia pertanian pada DAS yang tidak memiliki alat pengukuran (Marbun, 2014).

Proses hidrologi yang disimulasi dalam SWAT terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu proses di lahan dan di sungai. Bagian pertama adalah fase lahan dari siklus hidrologi. Fase lahan siklus hidrologi mengontrol jumlah air, sedimen, unsur hara, dan pestisida yang bergerak di lahan menuju sungai utama pada masing-masing Sub DAS. Bagian kedua adalah fase *routing* atau proses pergerakan air, sedimen, bahan pestisida, dan bahan nutrient lainnya melalui jaringan sungai dalam DAS menuju ke outlet (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, 2014).

Soil and Water Assesment Tool (SWAT) adalah model skala pengelolaan DAS yang dikembangkan untuk memprediksi dampak dari praktek pengelolaan lahan di Daerah Aliran Sungai, sedimen, dan hasil kimia pertanian dalam jumlah

besar dengan berbagai jenis tanah, penggunaan lahan, dan kondisi manajemen dalam periode waktu yang lebih panjang (Neitsch dkk., 2002). SWAT memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada suatu DAS. Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan tersebut. Dengan demikian diharapkan dengan penggunaan model SWAT dapat dikembangkan beberapa skenario guna menentukan kondisi perencanaan pengelolaan DAS terbaik. Penggunaan model SWAT data digunakan pada beberapa fase pengelolaan DAS (Marbun, 2014).

Model *Soil and Water Assesment Tool* (SWAT) mempunyai beberapa keunggulan yaitu dibangun berdasarkan proses yang terjadi dengan menghimpun informasi mengenai iklim, sifat tanah, topografi, tanaman dan pengelolaan lahan yang terdapat dalam DAS, mempunyai data *input* yang sudah tersedia, dapat dikerjakan secara efisien menggunakan komputer sehingga hemat waktu dan biaya serta memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dalam suatu DAS (Neitsch dkk., 2005). Model ini pada awalnya membagi DAS menjadi beberapa sub DAS yang kemudian setiap Sub DAS tersebut akan dibagi kembali menjadi beberapa unit respon hidrologi (*Hydrologic Response Unit*) 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 tanah, limpasan permukaan, evapotranspirasi, perkolasi, dan aliran bawah permukaan tanah yang kembali ke sungai (Neitsch dkk., 2002). Pembagian DAS mampu membuat model yang mencerminkan perbedaan evapotranspirasi untuk jenis tanaman dan tanah bervariasi. Aliran permukaan (*surface runoff*) diprediksi secara terpisah untuk masing-masing HRU dan dapat ditelusuri untuk memperoleh aliran permukaan total (*total runoff*) suatu DAS,

Data masukan model untuk setiap HRU Sub DAS dikelompokkan ke dalam beberapa kategori yaitu iklim, unit respon hidrologi, genangan/daerah basah, air bawah tanah, dan saluran utama yang mendrainase Sub DAS. HRU merupakan

kelompok lahan dalam Sub DAS yang memiliki kombinasi tanaman penutup, tanah, dan pengolahan yang unik. Data yang dibutuhkan dalam model ini merupakan data harian. Parameter iklim yang digunakan dalam SWAT berupa hujan harian, temperatur udara maksimum dan minimum, radiasi matahari, kecepatan angin, serta kelembaban (Adrionita, 2011).

Output SWAT terangkum dalam file-file yang terdiri dari file HRU, SUB dan RCH. File HRU berisikan output dari masing-masing HRU, sedangkan SUB berisikan output dari masing-masing sub DAS dan RCH merupakan output dari masing-masing sungai utama pada setiap sub DAS. Informasi output pada file SUB dan file HRU adalah luas area (AREA km²), jumlah curah hujan (PRECIP mm), evapotranspirasi aktual (ET mm H₂O), kandungan air tanah (SW), aliran permukaan (Qsurf), aliran lateral (LATQ), aliran dasar (GWQ mm), hasil sedimen (SED ton/ha). Sedangkan informasi *output* yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah luas AREA (AREA km²), jumlah curah hujan (PRECP mm), evapotranspirasi aktual (ET mm), kandungan air tanah (SW mm), air perkolasi (PERC mm), aliran permukaan (SURQ mm), hasil air (WYLD mm) (Adrionita, 2011).