

**EVALUASI CATCHMENT AREA WADUK BATUTEGI TERHADAP
SIMPANAN AIR WADUK**

(Skripsi)

Oleh

Silvia Angelina LB



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**EVALUASI CATCHMENT AREA WADUK BATUTEGI TERHADAP
SIMPANAN AIR WADUK**

Oleh

Silvia Angelina LB

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

EVALUATION CATCHMENT AREA OF BATUTEGI RESERVOIR REGARDING RESERVOIR WATER STORAGE

Oleh

SILVIA ANGELINA LB

Batutege Reservoir is one of the important surface water resources in Lampung Province because the potential water it contains has many functions and uses, including as a source of irrigation water for the Sekampung System irrigation area and as a source of water for hydroelectric power plants (PLTA). In order to maintain the sustainability of the reservoir's functions and uses, efforts are needed to maintain the water balance of the reservoir. In this study, an analysis of the physical characteristics and environmental conditions of the Batutege reservoir catchment area and their influence on reservoir water storage is conducted, aiming to determine the optimum catchment area size that needs to be maintained. Data from various sources, including Landsat 7 and 8 OLI images, are used to evaluate changes in the catchment area conditions during the period of 2004-2023. The research results show that the highest coefficient of determination (R^2) between NDVI and NDWI is indicated in land cover conditions with very low density (class 1) at 95.59%, followed by high density (class 4) at 94.80%, low density (class 2) at 92.31%, and medium density (class 3) at 87.58%. The area of land cover with dense vegetation conditions in the Upper Sekampung Watershed as the catchment area of the Batutege reservoir tends to decrease over time. Analysis of Landsat images using the Normalized Difference Water Index (NDWI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) methods can assist in mapping vegetation conditions and the extent of the Batutege reservoir inundation.

Keywords: *reservoir, catchment area, NDVI, NDWI, Landsat imagery*

ABSTRAK

EVALUASI CATCHMENT AREA WADUK BATUTEGI TERHADAP SIMPANAN AIR WADUK

Oleh

SILVIA ANGELINA LB

Waduk Batutegi merupakan salah satu sumber daya air permukaan yang penting di Propinsi Lampung karena potensi air yang terkandung di dalamnya memiliki banyak fungsi dan kegunaan diantaranya sebagai sumber air irigasi bagi daerah irigasi Sekampung *System* serta sumber air bagi pembangkitan listrik tenaga air (PLTA). Dalam rangka menjaga keberlanjutan fungsi dan kegunaan waduk maka perlu dilakukan upaya menjaga kesetimbangan air waduk. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap karakteristik fisik dan kondisi lingkungan *catchment area* waduk Batutegi serta pengaruhnya terhadap simpanan air waduk, dengan tujuan untuk mendapatkan luas *catchment area* yang optimum dan perlu dipertahankan. Data dari berbagai sumber, termasuk Citra Landsat 7 dan 8 OLI, digunakan untuk mengevaluasi perubahan kondisi *catchment area* selama periode 2004-2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien determinasi (R^2) yang tertinggi antara NDVI dan NDWI ditunjukkan pada kondisi penutupan lahan dengan tingkat kerapatan sangat rendah (klas 1) sebesar 95,59% kemudian diikuti dengan tingkat kerapatan tinggi (klas 4) sebesar 94,80%, tingkat kerapatan rendah (klas 2) sebesar 92,31%, dan tingkat kerapatan sedang (klas 3) sebesar 87,58%. Luas penutupan lahan dengan kondisi vegetasi yang rapat dalam DAS Sekampung Hulu sebagai *catchment area* waduk Batutegi cenderung semakin berkurang seiring dengan bertambahnya waktu. Analisis citra landsat dengan metode *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dapat membantu dalam pemetaan kondisi vegetasi dan luas genangan waduk Batutegi.

Kata Kunci : waduk, catchment area, NDVI, NDWI, citra landsat

Judul Skripsi

**: Evaluasi Catchment Area Waduk Batutegi
Terhadap Simpanan Air Waduk**

Nama Mahasiswa

: Silvia Angelina TB

No. Pokok Mahasiswa

: 2014071004

Jurusan

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian



MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Ridwan, M.S.

NIP. 196511141995031001

Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.

NIP. 197007031998022001

MENGETAHUI,

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Ir. Ridwan, M.S.

Sekretaris

: Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.

Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Maret 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **SILVIA ANGELINA LB NPM 2014071004**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Ridwan, M.S** dan 2) **Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 1 April 2024
Yang membuat pernyataan



SILVIA ANGELINA LB
NPM. 2014071004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 29 Mei 2002, sebagai anak kelima dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Syamsudin LB dan Ibu Risda Hutagaol. Pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-Kanak (TK) Immanuel Bandar Lampung pada tahun 2008, Sekolah Dasar (SD) Xaverius 3 Way Halim pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Fransiskus Tanjung Karang pada tahun 2017, serta Sekolah Menengah Atas (SMA) Fransiskus Bandar Lampung pada tahun 2020. Penulis diterima di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SNMPTN.

Pada bulan Januari hingga Februari 2023, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2023 di Desa Padang Ratu, Kecamatan Wonosobo, Kabupaten Tanggamus selama 40 hari. Pada bulan Juli hingga Agustus 2023, penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Penerapan Standar Instrumentasi Pertanian (BPSIP) Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan judul “Standar Penyimpanan Bawang Merah (*Allium cepa L. Var. Trisula*) Untuk Benih di Gudang Balai Penerapan Standar Instrumentasi Pertanian”. Selama menjadi mahasiswa, Penulis aktif mengikuti organisasi seperti BEM FP (Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian) sebagai staff dalam departemen pergerakan. Selain itu, penulis tercatat aktif sebagai Anggota Muda Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) dan aktif menjadi panitia dalam kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan oleh PERMATEP.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan pertolongan serta karunia-Nya skripsi dengan judul **“EVALUASI CATCHMENT AREA WADUK BATUTEGI TERHADAP SIMPANAN AIR WADUK”** dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, ucapan terima kasih disampaikan yang sebesar – besarnya dengan segala kerendahan dan ketulusan hati kepada :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Ridwan, M.S., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan skripsi ini, serta membantu, memberi kritik dan saran. Terimakasih atas ilmu, bimbingan, kebaikan, serta arahan dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Siti Suharyatun S.T.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan ilmu, motivasi, nasihat, arahan, dukungan, dan bimbingan dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini. Terima kasih sebanyak – banyaknya penulis ucapkan atas kebaikannya selama ini. Semoga ibu sehat selalu dan setiap langkah selalu dalam perlindungan Tuhan.
5. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama yang telah bersedia meluangkan waktu untuk kesediannya dalam membahas serta memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

7. Kedua orang tua tercintaku Mama Risda Hutagaol dan Papa Syamsudin LB, terimakasih atas doa, cinta, dan kasih sayang yang selalu diberikan kepada pipi sampai hari ini, terimakasih sudah mendidik pipi menjadi sosok yang tegar dan mandiri sehingga pipi bisa berada di tahap ini.
8. Kakak-kakak saya, Desy Ratna Sari, Devi Permata Sari, Debora Oktaviana, Samuel Godlife yang selalu memberikan doa, nasihat, serta dukungan berupa finansial.
9. Teman-teman kuliah, Jeny Safitri, Mustika Putri, Dhanur Pramono Jati, Ivanka Apriyatama, dan Tegar Ramadhan atas segala doa, bantuan, ucapan, semangat, menjadi teman dikala senang dan susah, menjadi tempat untuk berbagi tawa dan tangis dan telah kebersamai penulis dari awal perkuliahan sampai dengan tahap penyelesaian skripsi ini.
10. Sahabatku tersayang Ni Putu Laura Gloria Naulian atas segala doa, bantuan, ucapan, semangat, kebaikan dan motivasi sampai dengan tahap penyelesaian skripsi ini, terimakasih selalu ada disegala situasi, selalu menghibur dan selalu ada disaat penulis merasa bahagia ataupun sedih.
11. Teman-teman seperjuanganku, Teknik Pertanian 2020, yang telah memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan kenangan indah selama penulis menjalani masa perkuliahan sampai dengan tahap penyelesaian skripsi ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 1 April 2024

Penulis,

Silvia Angelina LB

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Waduk.....	4
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)	4
2.3 Daerah Tangkapan Air (DTA)	5
2.4 Perubahan Tutupan Lahan Daerah Tangkapan Air Menggunakan Penginderaan Jauh.....	5
2.5 Sistem Informasi Geografis (Geographic Information System)	6
2.5.1 Pengertian SIG	6
2.5.2 Pengaplikasian Sistem Informasi Geografis	7
2.5.3 Penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG).....	8
2.6 Penginderaan Jauh.....	9

2.7 Citra Landsat 7	11
2.8 Citra Landsat 8	11
2.9 Pemanfaatan Citra Satelit Landsat 8	13
2.10 Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI)	13
2.11 Indeks Keterdapatn Air (NDWI)	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	17
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.3.1 Tahap Persiapan	20
3.3.2 Tahap Pengumpulan Data	20
3.3.3 Tahap Pengolahan Data	24
3.3.4 Tahap Pembuatan Model Hubungan NDVI dan NDWI dengan Simpanan Waduk Batutegi	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Karakteristik <i>Catchment Area</i>	27
4.1.1 Posisi Geografis dan Luas Area	27
4.1.2 Bentuk <i>Catchment Area</i>	28
4.1.3 Ordo Sungai	30
4.1.4 Morfometri Sungai	31
4.1.5 Topografi dan Kemiringan Lahan	31
4.1.6 Jenis Tanah	33
4.1.7 Penutupan Lahan	35
4.2 Tingkat Kerapatan Vegetasi (NDVI)	36

4.3 Tingkat Kebasahan (NDWI)	38
4.4 Proyeksi Volume Simpanan Waduk	39
4.4.1 Karakteristik Bendungan Batutegi	39
4.4.2 Proyeksi Tinggi Muka Air dan Volume Simpanan Waduk.....	41
4.5 Analisis Hubungan NDVI, NDWI, dan Volume Simpanan Waduk.....	43
4.6 Analisis Hubungan Luas Penutupan Vegetasi (NDVI) dan Luas Basah Genangan Waduk (NDWI).....	43
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Parameter Orbit Landsat 8	12
Tabel 2. Klasifikasi Saluran Landsat 8	12
Tabel 3. Jenis dan Sumber Data Untuk Bahan Penelitian	18
Tabel 4. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi.....	25
Tabel 5. Klasifikasi Tingkat Kebasahan NDWI.....	25
Tabel 6. Bentuk Penggunaan Lahan DAS Sekampung Hulu	35
Tabel 7. Prediksi Tinggi Muka Air dan Volume Simpanan Waduk Batutegi	42
Tabel 8. Model Matematis Hubungan NDVI dan NDWI untuk setiap klasifikasi	44
Tabel 9. Luas Penutupan Lahan Cacthment Area (Ha)	55
Tabel 10. Luas Genangan Waduk (Ha)	55
Tabel 11. Laju Perubahan Penutupan Lahan Catchment Area	56
Tabel 12. Prediksi Tinggi Muka Air Waduk Batutegi (m.dpl)	56
Tabel 13. Prediksi Volume Simpanan Waduk Batutegi.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tahapan Penelitian	19
Gambar 2. Proses Pengunduhan Data Spasial DEM dari Laman DEMNAS	21
Gambar 3. Lengkung Karakteristik Waduk Batutegi	26
Gambar 4. Lokasi Penelitian dalam Batas DAS Way Sekampung	28
Gambar 5. Peta Analisis Morfometri DAS	29
Gambar 6. Metode Penentuan Tingkat Sungai.....	30
Gambar 7. Peta Ordo Sungai DAS Sekampung Hulu.....	31
Gambar 8. Peta Kemiringan Lahan DAS Sekampung Hulu	32
Gambar 9. Peta Topografi Lahan DAS Sekampung Hulu	32
Gambar 10. Peta Jenis Tanah Dalam DAS Sekampung Hulu.....	35
Gambar 11. Bentuk Penggunaan Lahan DAS Sekampung Hulu	36
Gambar 12. Sebaran Tingkat Kerapatan Vegetasi DAS Sekampung Hulu.....	37
Gambar 13. Laju Perubahan Kerapatan Vegetasi DAS Sekampung Hulu.....	37
Gambar 14. Luas Genangan Waduk Batutegi Berdasarkan Hasil Analisis NDWI	38
Gambar 15. Variasi Curah Hujan Tahunan DAS Sekampung Hulu.....	39
Gambar 16. Variasi Curah Hujan Wilayah DAS Sekampung Hulu	40
Gambar 17. Karakteristik Penampang Zona Tampungan Bendungan Batutegi....	41
Gambar 18. Fitting Kurva Luas (Area) NDWI Terhadap TMA dan Volume Waduk Batutegi	42
Gambar 19. Scatter Plot Koefisien Determinasi TMA Fitting Kurva dan Model Matematis.....	43
Gambar 20. Scatter Plot Koefisien Determinasi Hubungan Antara NDVI dan NDWI.....	44

Gambar 21. Peta NDVI 2004	57
Gambar 22. Peta NDVI 2005	57
Gambar 23. Peta NDVI 2006	58
Gambar 24. Peta NDVI 2007	58
Gambar 25. Peta NDVI 2008	59
Gambar 26. Peta NDVI 2009	59
Gambar 27. Peta NDVI 2010	60
Gambar 28. Peta NDVI 2011	60
Gambar 29. Peta NDVI 2012	61
Gambar 30. Peta NDVI 2013	61
Gambar 31. Peta NDVI 2014	62
Gambar 32. Peta NDVI 2016	62
Gambar 33. Peta NDVI 2019	63
Gambar 34. Peta NDVI 2021	63
Gambar 35. Peta NDVI 2023	64
Gambar 36. Peta NDWI 2004	64
Gambar 37. Peta NDWI 2005	65
Gambar 38. Peta NDWI 2006	65
Gambar 39. Peta NDWI 2007	66
Gambar 40. Peta NDWI 2008	66
Gambar 41. Peta NDWI 2009	67
Gambar 42. Peta NDWI 2010	67
Gambar 43. Peta NDWI 2011	68
Gambar 44. Peta NDWI 2012	68
Gambar 45. Peta NDWI 2013	69
Gambar 46. Peta NDWI 2014	69
Gambar 47. Peta NDWI 2016	70
Gambar 48. Peta NDWI 2019	70
Gambar 49. Peta NDWI 2021	71
Gambar 50. Peta NDWI 2023	71

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya air merupakan aset vital bagi keberlangsungan kehidupan dan pembangunan suatu wilayah. Waduk Batutege merupakan salah satu infrastruktur penting dalam pengelolaan sumber daya air di wilayah ini. Dengan luas area dan kontribusinya terhadap penyediaan air bagi kegiatan pertanian, industri, dan masyarakat umum, pemahaman yang mendalam terhadap *catchment area* dan simpanan air waduk ini menjadi krusial. *Catchment area*, memainkan peran utama dalam menentukan kualitas dan kuantitas air yang mengalir ke waduk. Keadaan alamiah seperti kelerengan, jenis tanah, dan penutupan lahan oleh vegetasi di *catchment area* secara langsung memengaruhi debit air yang masuk ke dalam waduk. Selain itu, perubahan iklim dan aktivitas manusia seperti perubahan pola pemanfaatan air baik dibagian hulu maupun hilir dari lokasi waduk juga berpotensi memengaruhi ketersediaan air di waduk.

Evaluasi yang cermat terhadap *catchment area* Waduk Batutege menjadi langkah penting dalam upaya menjaga keberlanjutan sumber daya air di wilayah ini. Dengan menganalisis perubahan kondisi lingkungan dari saat beroperasionalnya bendungan dan waduk Batutege hingga saat ini serta prakiraan perubahan yang mungkin terjadi di masa depan, dapat dirancang strategi pengelolaan lingkungan yang efektif untuk memastikan keberlanjutan sumber daya air di dalam waduk. Selain itu, pemahaman yang mendalam terhadap simpanan air waduk, baik dalam aspek kuantitas maupun kualitas, sangat diperlukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air tersebut. Dengan mengevaluasi simpanan air waduk secara berkala dari tahun 2004 sampai dengan 2023, dapat diidentifikasi potensi

risiko terhadap keberlanjutan pasokan air, serta dirancang upaya yang tepat guna menjaga ketersediaan air dalam jangka panjang.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi menyeluruh terhadap *catchment area* Waduk Batutegi serta simpanan air waduknya. Dengan memanfaatkan data terkini dan metode analisis yang tepat, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap dinamika sumber daya air di wilayah ini serta menyusun rekomendasi strategis bagi pengelolaan yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diajukan dari uraian latar belakang di atas adalah apakah terdapat hubungan yang nyata antara kualitas *catchment area* waduk terhadap simpanan air waduk Batutegi di Kabupaten Tanggamus.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai index kerapatan vegetasi (NDVI) pada *catchment area* waduk Batutegi.
2. Mendapatkan nilai index keairan (NDWI) pada daerah Sekampung Hulu.
3. Memperoleh hubungan laju perubahan penutupan lahan (NDVI) *catchment area* terhadap luas genangan (NDWI) waduk Batutegi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkait dengan pengelolaan daerah aliran sungai dan waduk.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahwa penelitian ini tidak melakukan analisa variabel - variabel lingkungan lain terkait dengan perubahan luas permukaan dan simpanan air waduk.

2. Bahwa hubungan antara kondisi kerapatan vegetasi *catchment area* waduk dengan luas genangan dan simpanan air waduk diduga berdasarkan pada lengkung karakteristik waduk Batutege (Ditjen SDA, Proyek Pengembangan DAS Seputih Sekampung dalam Ridwan, 2014).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Waduk

Waduk ialah wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan, dimana pengertian bendungan sendiri ialah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, dan beton, yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015).

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 tahun 2012, 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 di daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (*catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam (Asdak, 2010).

Ridwan et al., (2013) menyatakan bahwa *catchment area* atau daerah tangkapan air Bendungan Batutege berada di bagian hulu DAS Way Sekampung dengan luas ± 424 km². Asdak (2010) menyatakan DAS bagian hulu merupakan bagian terpenting, mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Supriyadi et al., (2018) menjelaskan bahwa DAS Way Sekampung bagian hulu telah mengalami degradasi yang disebabkan menurunnya luas hutan sehingga berpengaruh pada sistem hidrologi dan berdampak besar bagi sumber daya air.

2.3 Daerah Tangkapan Air (DTA)

Daerah Aliran Sungai (DAS) ialah 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 (Permen PU Nomor 02/PRT/M/2013). Wilayah daratan tersebut disebut 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, 2004 dalam Sari, 2017).

2.4 Perubahan Tutupan Lahan Daerah Tangkapan Air Menggunakan Penginderaan Jauh

Identifikasi perubahan tutupan dan penggunaan lahan pada suatu daerah aliran sungai ataupun daerah tangkapan air merupakan proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda. Identifikasi perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan memerlukan suatu data spasial temporal (Suwargana, 2008). Untuk mengetahui perubahan tutupan lahan harus dilakukan analisis perubahan

tutupan lahan dengan menggunakan aplikasi penginderaan jauh yang dapat dilakukan melalui interpretasi visual citra penginderaan jauh untuk mengetahui persebaran komunitas vegetasi di suatu wilayah. Apabila data penginderaan jauh yang digunakan bersifat multitemporal, maka dapat diaplikasikan untuk kegiatan *monitoring*, seperti *monitoring* perubahan luasan, *monitoring* perubahan distribusi tutupan lahan dan lain sebagainya (Faturrohman dan Marjuki, 2017).

Deteksi perubahan lahan dengan cara interpretasi visual citra pada layar monitor komputer berdasarkan hasil olah citra digital multispektral, dalam hal ini *fiture* yang tampak pada layar langsung didelineasi sesuai dengan parameter perubahan tutupan lahan dan penggunaan lahan sehingga menghasilkan data digital tutupan lahan dan penggunaan lahan dalam format vektor (Rustikasari et al., 2012).

Data perubahan penutupan lahan dapat diperoleh dengan melakukan proses tumpang-susun (*overlay*) antara dua kelas penutupan lahan pada tahun yang berbeda sehingga posisi terjadinya perubahan dapat diketahui. Informasi perubahan ini kemudian diekstrak ke dalam format database dan diolah secara tabular sehingga diketahui apakah luasan suatu kelas mengalami penambahan atau pengurangan. Selain itu dapat diketahui juga bentuk perubahannya semula dari suatu kelas menjadi kelas yang lain, selanjutnya data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik (Ramayanti et al., 2015). Data perubahan tutupan lahan pada penelitian ini diperoleh dari hasil overlay peta antara hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2004 sampai tahun 2023 menghasilkan data perubahan untuk periode 2004-2023.

2.5 Sistem Informasi Geografis (Geographic Information System)

2.5.1 Pengertian SIG

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem yang menekankan pada unsur geografis, istilah geografis merupakan bagian dari spasial (keruangan) yang berarti persoalan tentang bumi: permukaan dua atau tiga dimensi. Istilah

informasi geografis mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diberikan atau diketahui. SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan berikut dalam menangani data yang bereferensi geografis: (a) masukan, (b) keluaran, (c) manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), (d) analisis dan manipulasi data (Prahasta, 2005).

2.5.2 Pengaplikasian Sistem Informasi Geografis

Menurut Budiyanto (2002), Sistem Informasi Geografis (SIG) meliputi: 1) Atribut atau informasi *feature* dalam sebuah *format database*. 2) Informasi lokasi untuk atribut dan 3) Fungsi analisis untuk memperoleh informasi baru. Dalam pengaplikasiannya SIG bekerja berdasarkan integrasi 5 komponen, komponen-komponen tersebut ialah data, *software*, *hardware*, *user* dan aplikasi

a. Data

Data merupakan komponen-komponen yang berisi informasi yang akan diolah dalam proses kerja SIG. Secara umum SIG bekerja dengan menggunakan dua tipe data yaitu data raster dan data vektor. Data raster merupakan data yang menampilkan informasi keruangan berupa kotak-kotak persegi atau *grid*. Data vektor merupakan data yang menampilkan informasi keruangan berupa garis.

b. *Software*

Software SIG merupakan perangkat lunak yang memiliki *tool* yang mampu untuk melakukan penyimpanan, pengolahan atau analisis dan menampilkan informasi geografis.

c. *Hardware*

Mengolah data berbasis SIG memerlukan komponen *hardware* yang memumpuni untuk menjalankan *software-software* SIG. Beberapa *hardware* untuk mengolah data SIG haruslah berspesifikasi tinggi antara lain RAM, *Processor*, *VGA card* dan *Hard disk*. Hal ini disebabkan data yang digunakan dalam analisis SIG membutuhkan ruang yang cukup besar dan kecepatan pengolahan yang tinggi.

d. *User*

Teknologi, *software* dan data SIG yang lengkap tidak akan berguna tanpa adanya *user*. *User* bertugas untuk mengelola sistem agar dapat melakukan analisis data sesuai dengan yang diharapkan.

e. Aplikasi

Olahan data SIG yang baik memiliki keserasian antara model dan implementasi hasil. Hal ini didasarkan pada permasalahan yang berbeda memiliki model dan implementasian hasil yang berbeda pula. SIG memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai bidang. Salah satunya ialah bidang hidrologi, dengan Sistem Informasi Geografis sebagai teknologi yang tidak tergantikan dalam analisis hidrologis dari suatu daerah pengaliran Sungai.

2.5.3 Penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG merupakan sebuah sistem yang saling berangkaian satu dengan yang lain. Badan Informasi Geospasial menjabarkan SIG sebagai kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi, dan personel yang didesain untuk memperoleh, menyimpan, memperbaiki, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi (Prahasta, 2015). Kemampuan SIG dapat diselaraskan dengan penginderaan jauh (*remote sensing*). Penginderaan jauh adalah ilmu pengetahuan dan seni memperoleh informasi suatu obyek, daerah, atau suatu fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat yang tidak berhubungan dengan obyek, daerah, atau fenomena yang diteliti (Lillesland dan Kiefer, 1997). Citra satelit merekam objek di permukaan bumi seperti apa adanya di permukaan bumi, sehingga dari interpretasi citra dapat diketahui kondisi penutupan/penggunaan lahan saat perekaman. Pada dasarnya, teknologi berbasis satelit ini menyajikan informasi secara aktual dan akurat. Teknik penginderaan jauh dan SIG merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk dijadikan sebagai penyediaan informasi tentang berbagai parameter untuk mengevaluasi *catchment area* waduk pada suatu daerah.

Dalam penerapan SIG, data-data yang diperlukan untuk pemetaan kawasan waduk diperoleh dari foto udara dan data sekunder, berupa peta-peta tematik. Data spasial sekunder bisa didapatkan dari foto udara dan Citra Satelit (*ecw, geotiff dan img*). *Digital Elevation Model* atau DEM (misalnya SRTM) serta data dari format lain CAD, *MapInfo*, dll. Data sekunder ini biasa berupa *imagery* (citra/raster) atau *vector* (*polygon, polyline dan point*). Data sekunder bisa juga berasal dari data tabular koordinat yang mengharuskan adanya proses konversi.

2.6 Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand dan Kiefer (2004) dalam Purwadhi dkk (2015), menjelaskan bahwa penginderaan jauh atau *remote sensing* ialah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau fenomena (geofisik) melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Sistem penginderaan jauh terbagi menjadi enam elemen atau komponen meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi antar tenaga dan obyek, sensor, perolehan data, dan pengguna data (Sutanto, 1994).

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah atau gejala yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1997). Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen (komponen), meliputi: sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan dan berbagai pengguna data. Sebuah sistem penginderaan jauh memerlukan sumber tenaga baik alamiah maupun buatan. Dalam dunia penginderaan jauh, terdapat dua sistem tenaga pada wahana yaitu sistem pasif dan sistem aktif.

1. Sistem pasif menggunakan sumber tenaga utama dari alam atau sumber lain yang tidak terintegrasi dalam wahana. Sumber tenaga tersebut biasanya berasal dari matahari. Beberapa wahana yang menggunakan sistem pasif ini antara lain Landsat, Aster, SPOT, MOS, Ikonos, *Quick Bird* dan lainnya.

2. Sistem aktif menggunakan sumber tenaga utama dari sumber energi buatan yaitu berupa tenaga elektromagnetik yang terintegrasi dengan wahana tersebut. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain Radarsat, JERS, ADEOS, SAR dan lainnya.

Pada wahana dipasang sensor yang letaknya jauh dari obyek yang diindera, maka diperlukan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek tersebut. Tiap sensor memiliki kepekaan tersendiri terhadap bagian spektrum elektromagnetik. Disamping itu juga kepekaannya berbeda dalam merekam obyek terkecil yang masih dapat dikenali dan dibedakan terhadap obyek lain atau terhadap lingkungan sekitarnya. Batas kemampuan memisahkan setiap obyek dinamakan resolusi. Resolusi suatu sensor merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam objek.

Empat resolusi yang biasa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor, yaitu:

1. Resolusi spasial adalah ukuran obyek terkecil yang masih dapat disajikan, dibedakan, dan dikenali pada citra. Semakin kecil ukuran obyek yang dapat direkam, semakin baik kualitas sensornya.
2. Resolusi spektral merupakan daya pisah obyek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk perekaman data.
3. Resolusi radiometrik adalah kemampuan sistem sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil, atau kepekaan sensor terhadap perbedaan terkecil kekuatan sinyal.
4. Resolusi temporal menunjukkan perbedaan kenampakan yang masih dapat dibedakan dalam waktu perekaman ulang (Purwadhi, 2001).

Data citra merupakan rekaman visual yang dihasilkan oleh peralatan secara optik dan elektronik. Citra terdiri dari *array* 2 dimensi yang dapat diekspresikan dengan suatu matriks dan setiap elemen matriks disebut dengan piksel (*pixel*). Kecerahan setiap piksel mengekspresikan reflektifitas permukaan rata-rata dari elemen permukaan yang bersesuaian (Elachi dan Jakob, 2006).

2.7 Citra Landsat 7

Citra Landsat 7 ETM+ adalah citra dari satelit Landsat seri ketujuh, satelit ini diluncurkan pada April 1999. Citra satelit ini memiliki resolusi spasial 30 m pada band 1 sampai 5 dan 7 multispektral, 15 m pada band 8 pankromatik dan 60 m pada band 6 termal. Peluncuran Satelit Landsat 7 ETM+ hanya bertahan kurang dari 5 tahun, pada bulan Mei 2003 satelit tersebut mengalami kerusakan pada *Scan Line Corrector* (SLC). Kerusakan ini mengakibatkan munculnya strip atau garis hitam pada area perekaman sehingga citra tidak utuh. Citra Satelit Landsat 7 ETM+ masih dapat digunakan, salah satunya adalah dengan melakukan restorasi citra berupa pengisian strip atau garis hitam yang terdapat pada citra hasil perekaman. Citra pengisi yang dimaksudkan merupakan citra area tersebut yang berada pada waktu pengamatan yang berbeda tetapi masih pada musim yang sama dan tanggal perekamannya berdekatan dengan citra utamanya. Hal ini dikarenakan letak strip pada citra berbeda untuk tiap waktu pencitraannya (Dita, 2017).

Citra yang akan digunakan sebagai citra master sebaiknya dipilih citra yang daerah penelitiannya tidak tertutup oleh awan. Apabila tutupan awan terlalu lebar, sebaiknya memilih citra yang lain. Citra master merupakan citra acuan dan datanya paling banyak digunakan untuk pengolahan citra selanjutnya. Proses pengisian gap pada citra master dilakukan dengan cara menumpangtindihkan citra master dengan citra pengisi. Sebaiknya citra pengisi lebih dari satu sehingga semua gap pada citra dapat tertutup dengan maksimal. Citra Satelit Landsat 7 ETM+ yang digunakan dalam penelitian menggunakan Band *Green* yaitu pada band 2, Band *Red* yaitu pada band 3, dan Band NIR yaitu pada band 4.

2.8 Citra Landsat 8

Landsat-8 diluncurkan oleh NASA pada 11 Februari 2013. Satelit landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS (USGS, 2013) klasifikasi parameter orbit landsat lebih lengkapnya pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Parameter Orbit Landsat 8

Parameter Orbit Satelit Landsat-8	
Jenis Orbit	Mendekati Lingkaran Sikron matahari
Ketinggian	0,5 km
Inklinasi	8.2°
Periode	9 menit
Waktu liput ulang (resolusi temporal)	16 hari
Waktu melintasi khatulistiwa (Local Time Descending Node-LTDN) nominal	Jam 10:00 s.d 10.15 pagi

Sumber : (USGS, 2013)

Data citra satelit penginderaan jauh yang dipergunakan pada penelitian ini adalah Landsat-8 Level 1T. Data Landsat-8 adalah data yang direkam oleh sensor yang terpasang pada Satelit Landsat-8 atau LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*). Satelit Landsat-8 membawa sensor OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Lingkup pemanfaatan data Landsat-8 untuk deteksi daerah tergenang banjir adalah dengan menggunakan data hasil perekaman oleh sensor OLI. Meskipun penulisan secara lengkap adalah Landsat-8 OLI, namun disini, dengan alasan penyederhanaan, ditulis dengan satu kata saja, yaitu Landsat-8 sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Saluran Landsat 8

Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi	Nama Spektral
1.	0,435 – 0,451	30	Coastal/Aerosol
2.	0,452- 0,512	30	Biru
3.	0,533 – 0,590	30	Hijau
4.	0,636- 0,673	30	Merah
5.	0,851 – 0,879	30	NIR
6.	1,566- 1,651	30	SWIR-1
7.	2,107- 2,2294	30	SWIR-2
8.	0,503- 0,676	15	Panchromatic
9.	1,363- 1,384	30	Cirrus
10.	10,60- 11,19	100	TIR-1
11.	11,50 – 12,51	100	TIR-2

Sumber: (USGS, 2013)

2.9 Pemanfaatan Citra Satelit Landsat 8

Citra Landsat sendiri telah banyak digunakan dalam berbagai bidang kajian atau penelitian seperti dilaporkan oleh Derajat dkk (2020) dalam klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 *Operational Land Imager* (OLI) di Kabupaten Tanggamus yang digunakan untuk mengklasifikasi penutupan lahan meliputi empat tahapan pengolahan citra yaitu pra-pengolahan citra, interpretasi visual citra, membuat penciri kelas klasifikasi citra, *groundcheck* menggunakan metode IsoData dan K-means, dengan memperoleh hasil ketelitian 86,67% dan telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan USGS.

Normalized Difference Vegetation Index atau biasa disingkat NDVI adalah Indeks yang menunjukkan atau menggambarkan tingkat suatu tanaman. Nilai indeks yang digunakan sebagai parameter dalam NDVI adalah dari band merah (R) dan band infra-merah (NIR) (Zha, 2013). Hasil ukuran band R (Red) dan NIR (*Near Infrared*) dipengaruhi oleh peka terhadap biomassa vegetasi, klorofil, dan pembeda yang jelas antara lahan bervegetasi, lahan terbuka, dan air sehingga penggunaan band ini dipilih sebagai indeks parameter vegetasi (Aftriana, 2013).

Zha (2013) menganalogikan NDVI untuk mengembangkan *index* air terbangun yang dinamakan *Normalized Difference Water Index* atau NDWI. Fokus NDWI adalah menyoroti daerah perkotaan atau kawasan terbangun yang biasanya memiliki pemantulan area *Short Wave Infrared* (SWIR) yang lebih tinggi jika terpasang pada Satelit Landsat-8 atau LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*).

2.10 Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI)

Indeks kerapatan vegetasi merupakan suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil dan sebagainya (Danoedoro, 2012). Secara praktis, indeks vegetasi merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi. Transformasi indeks vegetasi

dapat dikelompokkan ke dalam empat golongan besar, yaitu (a) indeks vegetasi dasar (generik), (b) indeks vegetasi yang meminimalkan pengaruh latar belakang tanah, (c) indeks vegetasi yang meminimalkan pengaruh atmosfer dan (d) indeks vegetasi lainya (Danoedoro, 2012). Salah satu tranformasi indeks vegetasi dasar yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI merupakan kombinasi antara teknik pemisahan dengan teknik pengurangan citra. Indeks ini sederhana dan mempunyai nilai *range* yang dinamis dan sensitif yang paling bagus terhadap perubahan tutupan vegetasi. Saluran yang digunakan dalam transformasi ini adalah saluran merah dan inframerah. Kedua saluran ini dipilih karena memiliki kepekaan yang berbeda terhadap vegetasi. Klorofil a dan b yang merupakan pigmen penting dari tanaman menyerap cahaya biru dan merah.

Klorofil a pada panjang gelombang 0,43 dan 0,66 μm dan klorofil b pada panjang gelombang 0,45 dan 0,65 μm (Jensen, 2005). Hal tersebut mengakibatkan pada band merah nilai *reflectance* vegetasi sangat rendah. Berbeda dengan band merah, pada band inframerah dekat nilai pantulan vegetasi sehat meningkat tajam. Sepanjang gelombang inframerah dekat ini (0,7 – 1,2 μm) cahaya matahari yang diterima oleh tanaman mengandung sebagian besar energi matahari. Jika tanaman menyerap energi tersebut seperti pada panjang gelombang tampak maka tanaman akan terlalu panas sehingga protein yang didalamnya akan rusak. Pada panjang gelombang ini terjadi pantulan yang tinggi (40% - 60%), transmisi juga tinggi (40 – 60%), serta penyerapan yang rendah (5-10%). Rouse et al (1974) mengembangkan formula untuk mendapatkan indeks kerapatan vegetasi :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Hasil dari formula tersebut berkisar antara -1 sampai +1. Nilai -1 mengindikasikan bahwa pada saluran merah memiliki nilai pantulan maksimum dan pada saluran inframerah dekat memiliki pantulan minimum. Hal ini menunjukkan daerah non vegetasi. Begitupun sebaliknya, nilai +1 menunjukkan terjadi pantulan maksimum pada saluran inframerah dekat dan pantulan minimum pada saluran merah, sehingga menunjukka area bervegetasi kerapatan tinggi.

Perhitungan perbandingan sifat respon obyek terhadap pantulan sinar merah dan NIR dapat menghasilkan nilai dengan karakteristik khas yang dapat digunakan untuk memperkirakan kerapatan atau kondisi kanopi/kehijauan tanaman.

Tanaman yang sehat berwarna hijau mempunyai nilai indeks vegetasi tinggi. Hal ini disebabkan oleh hubungan terbalik antara intensitas sinar yang dipantulkan vegetasi pada spektral sinar merah dan NIR.

Kerapatan Vegetasi (NDVI) adalah perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan. Nilai NDVI adalah suatu nilai untuk mengetahui tingkat kehijauan pada daun dengan panjang gelombang inframerah yang sangat baik sebagai awal dari pembagian daerah vegetasi. Karena sifat optik klorofil sangat khas yaitu klorofil menyerap spektrum merah dan memantulkan dengan kuat spektrum infra merah. NDVI dapat menunjukkan parameter yang berhubungan dengan parameter vegetasi, antara lain, biomassa dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi. NDVI pada dasarnya menghitung seberapa besar penyerapan radiasi matahari oleh tanaman terutama bagian daun (Freddy dkk., 2015). Nilai NDVI mempunyai rentang antara -1 (minus) hingga 1 (positif). Nilai yang mewakili vegetasi berada pada rentang 0.1 hingga 0,7, jika nilai NDVI di atas nilai ini menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik.

2.11 Indeks Keterdapatan Air (NDWI)

NDWI merupakan indeks yang menunjukkan kebasahan suatu objek atau kelengasan tanah atau vegetasi suatu lahan dan sering digunakan dalam ilmu tanah dan hidrologi. NDWI merupakan kombinasi dari saluran *Near-Infrared* (NIR) dan *Green*, perubahan kadar air vegetasi dan struktur mesofil spons di kanopi vegetasi dipengaruhi oleh reflektan *Green* sedangkan struktur internal daun dan daun kering tanpa kandungan air ditunjukkan oleh reflektan NIR, Kombinasi *Green* dan NIR dapat menghilangkan variasi yang disebabkan oleh struktur internal daun dan juga bisa meningkatkan akurasi dalam menduga kadar air pada vegetasi (Febriana, dkk, 2022). Teknik NDWI terbukti bekerja dengan baik untuk

memisahkan badan air dan tumbuh-tumbuhan, akan tetapi memiliki keterbatasan pada saat pendeteksian tanah dan area kosong (Gautam et al., 2015).

Dalam menganalisis indeks kebasahan dengan citra landsat 8, kanal/band yang digunakan adalah 5 dan 3. Band 5 termasuk dalam spektral infra merah dekat (*near*)/*Near Infrared* (NIR) dengan panjang gelombang 0,76-0,90, kegunaan dari band 5 tersebut yaitu dapat membedakan jenis vegetasi yang dideteksi dan juga aktivitas vegetasi tersebut sehingga dapat membatasi tubuh air dan juga kelembaban tanah. Sedangkan band 3 memiliki panjang gelombang 0,53 – 0,59, band 3 berguna untuk menunjukkan komposisi kelembaban tumbuhan dan kelembaban tanah, juga dapat membedakan salju dan awan. Indeks kebasahan ini juga menunjukkan *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Algoritma NDWI ini dikembangkan oleh Gao (1996) untuk menggambarkan badan air dari citra satelit. Dengan formula :

$$NDWI = \frac{Green - Red}{Green + Red} \dots\dots\dots(2.2)$$

NDWI (*Normalized Difference Water Index*) adalah metode yang digunakan untuk membandingkan tingkat kebasahan pada citra satelit. Metode NDWI menggunakan band 3 (*Green*) digunakan untuk menilai kekuatan tanaman dan tubuh air dan band 5 (NIR) untuk menekankan kandungan biomassa.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023 sampai dengan Januari 2024, di Laboratorium Teknik Sumberdaya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut: Laptop RAM 8 GB, Software ArcGis 10.3, Software Microsoft Excel, Software Microsoft Office, dan Google Earth Pro.

3.2.2 Bahan

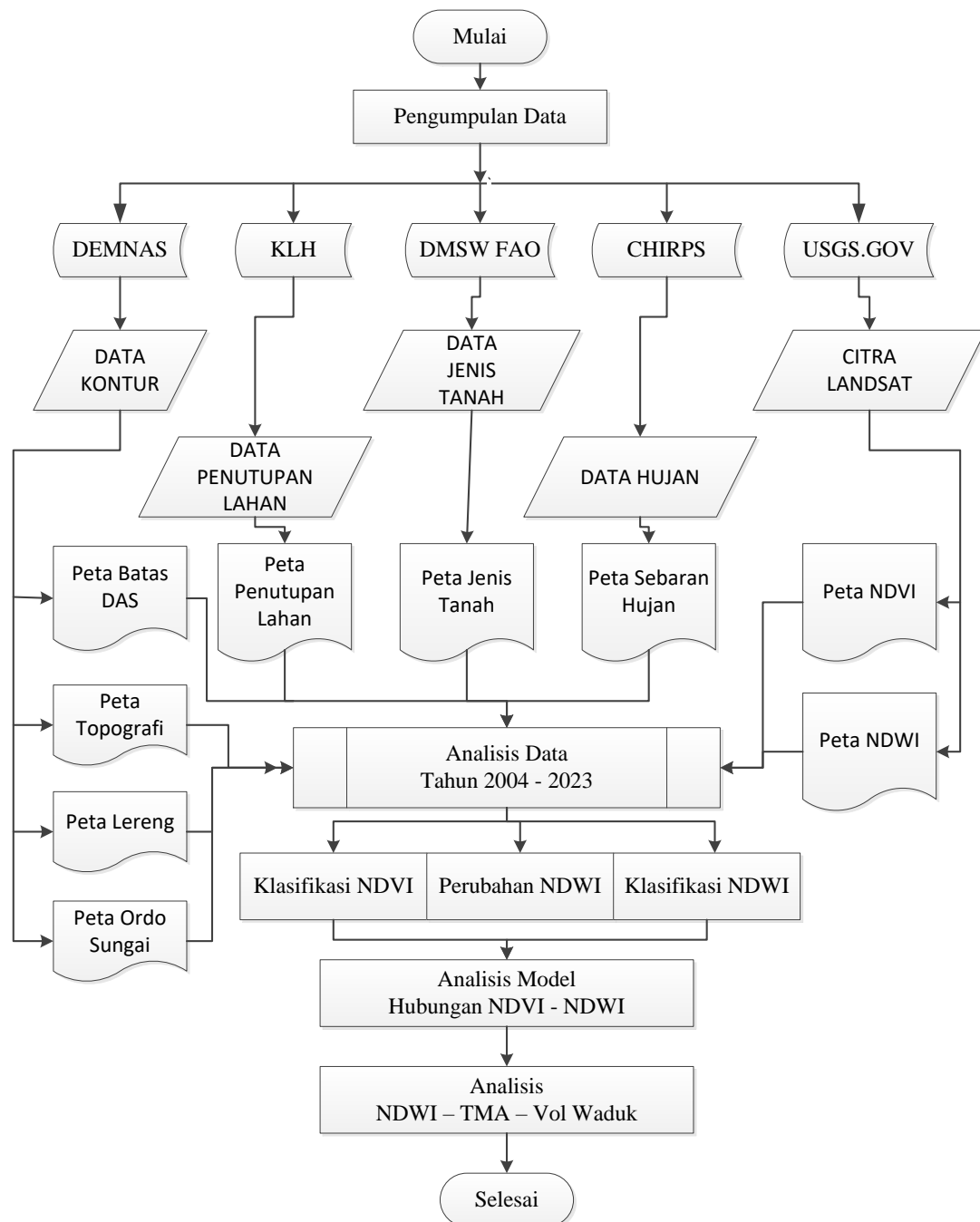
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder meliputi data spasial dan data non spasial. Data spasial yang digunakan yaitu Citra Landsat 7 ETM+, Citra Landsat 8 OLI, Peta Administrasi Kabupaten Tanggamus, DEM wilayah Kabupaten Tanggamus, Peta Penggunaan Lahan, Peta Jenis Tanah, Peta Kemiringan Lahan, Peta Topografi Lahan, Peta Curah Hujan, Peta Kerapatan Vegetasi, dan Peta Indeks Air.

Tabel 3. Jenis dan Sumber Data Untuk Bahan Penelitian

No.	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
1.	Administrasi Kabupaten Tanggamus	Indonesia Geospasial Portal https://tanahair.indonesia. go.id/portalweb/download/perwilayah	Skala 1:125.000
2.	Citra Landsat 7 ETM+	http://earthexplorer.usgs.gov/	Band 2, Band 3, dan Band 4
3.	Citra Landsat 8 OLI	http://earthexplorer.usgs.gov/	Band 3, Band 4, dan Band 5
4.	DEM (Digital Elevation Model)	DEMNAS https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/	SRTM 30 m
5.	Penggunaan Lahan	Kementerian Kehutanan RI	Skala 1:125.000
6.	Jenis Tanah	FAO https://www.fao.org/land- water/land/land-governance/land- resources-planning- toolbox/category/details/en/c/1026564/ https://www.fao.org/soils-portal/data- hub/soil-maps-and-databases/faounesco- soil-map-of-the-world/en/	Skala 1:125.000
7.	Curah Hujan	https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps	Tahun 2004, 2008, 2012, 2016, 2021

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang akan dilakukan sebagaimana dalam diagram alir berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan sesuai dengan diagram alir penelitian sebagaimana disajikan pada Gambar 1, dengan penjelasan sebagai berikut.

3.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini terdiri dari studi literatur dan pengumpulan alat dan bahan.

1. Studi Literatur

Tahapan dalam mencari dan mengumpulkan sumber bacaan yang berkaitan dengan penelitian.

2. Pengumpulan Alat dan Bahan

Tahapan yang dilakukan dengan mengumpulkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan peta dari berbagai sumber.

3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

1. Pembuatan Peta Administrasi Kabupaten Tanggamus

Peta Administrasi Kabupaten Tanggamus dibuat dari bahan data spasial berupa file *.KMZ yang diperoleh melalui laman https://gadm.org/download_country.html yang mana pada laman tersebut tersedia data GADM-41 IDN dalam format KMZ dengan 5 level yaitu level-0 (Indonesia), level-1 (Propinsi), level-2 (Kabupaten), level-3 (Kecamatan), dan level-4 (Desa). Untuk maksud dan tujuan membentuk batas administrasi Kabupaten Tanggamus beserta batas-batas kecamatan dan desa di dalamnya, maka selanjutnya dilakukan proses pemisahan data *gadm_41 IDN* tersebut pada software ArcGIS melalui proses *editing attribute table* dengan tahapan *select by attribute*, pilih Kabupaten Tanggamus, kemudian *switch selection*, dan *delete selected*.

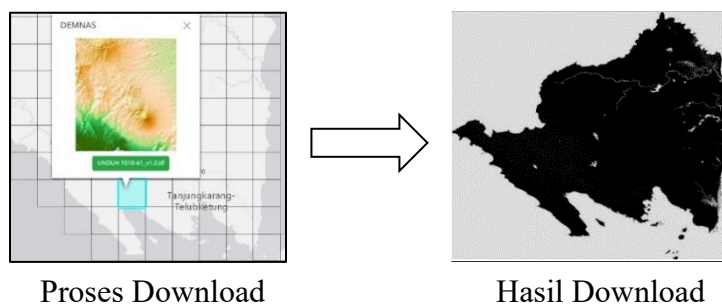
2. Pembuatan Peta Curah Hujan

Peta Curah Hujan *Catchment Area* Waduk Batutegi dibuat dengan cara mengunduh data curah hujan bulanan pada setiap tahun yang akan dilakukan analisis melalui laman <https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/> kemudian data yang sudah diperoleh berupa file *.BIL selanjutnya dilakukan proses pada software ArcGIS secara bertahap meliputi:

- (1) mengondisikan data curah hujan yang bernilai kurang dari nol (0) menjadi sama dengan nol (0) melalui proses *SetNull* pada menu Raster Calculator dalam ArcToolBox. Data hujan yang bernilai kurang dari nol (0) adalah data yang berada di atas samudera/laut.
- (2) kemudian merubah data raster menjadi data titik dengan cara *conversion Raster to Point* pada menu *Conversion Tool* pada ArcToolBox
- (3) melakukan pemotongan data raster titik sesuai dengan batas wilayah kajian, dilakukan dengan menggunakan *Select Feature by Rectangle* pada Toolbar ArcGIS, selanjutnya data titik tersebut di-*export* untuk membentuk data vektor sehingga terbentuk file dengan format *.shp.
- (4) Selanjutnya dilakukan analisis curah hujan tahunan menggunakan teknik interpolasi dengan model IDW (*Inverse Distance Weighted*) sehingga menghasilkan data isohyet (poligon) hujan dalam bentuk data raster dan dibagi menjadi lima kelas menggunakan *tools reclassify*.

3. Pembuatan Peta Kelerengan

Peta Kelerengan *Catchment Area* Waduk Batutegi dibuat dengan menggunakan bahan data spasial berupa *Digital Elevation Models (DEM)* yang diperoleh dari laman <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/> dengan cara memilih lokasi yang sesuai dengan tujuan analisis (Gambar 2). Data raster yang diperoleh berupa file *.TIF kemudian dengan menggunakan aplikasi ArcGIS file tersebut selanjutnya dilakukan proses pemotongan (*Extraction*) sesuai wilayah *Catchment Area* Waduk Batutegi untuk selanjutnya dilakukan proses pembentukan poligon kelerengan (*Slope*) pada menu *Spatial Analysis Tools* dan terakhir dibagi menjadi lima kelas kelerengan menggunakan *tools reclassify*.



Gambar 2. Proses Pengunduhan Data Spasial DEM dari Laman DEMNAS

4. Pembuatan Peta Ketinggian Tempat

Peta Ketinggian Tempat *Catchment Area* Waduk Batutegi dibuat dengan menggunakan bahan data spasial berupa *Digital Elevation Models* (DEM) yang diperoleh dari laman <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/> dengan cara memilih lokasi yang sesuai dengan tujuan analisis. Data raster yang diperoleh berupa file *.TIF kemudian dengan menggunakan aplikasi ArcGIS file tersebut selanjutnya dilakukan proses pemotongan (*Extraction*) sesuai wilayah *Catchment Area* Waduk Batutegi untuk selanjutnya dilakukan proses pembentukan poligon kontur (*Contour*) pada menu *Spatial Analysis Tools* dan terakhir dibagi menjadi lima kelas kelerengan menggunakan *tools reclassify*.

5. Pembuatan Peta Penggunaan Lahan

Peta Penggunaan Lahan *Catchment Area* Waduk Batutegi berupa file *.shp dengan bentuk data *vector* dengan sumber data dari Kementerian Kehutanan RI. File tersebut berisi data penutupan lahan se-Indonesia. Selanjutnya dilakukan proses pemotongan data spasial tersebut sesuai wilayah *Catchment Area* Waduk Batutegi pada software ArcGIS melalui proses *clipping* pada *tools geoprocessing*.

6. Pembuatan Peta Jenis Tanah

Peta Jenis Tanah *Catchment Area* Waduk Batutegi diperoleh melalui laman Indonesia Geospasial untuk jenis tanah yang bersumber dari FAO (*Food and Agriculture Organization*) tahun 2007. File tersebut berisi data Jenis Tanah se-Indonesia. Selanjutnya disajikan dalam proses simbolisasi peta sesuai dengan isi dalam batas wilayah *Catchment Area* Waduk Batutegi.

7. Pembuatan Peta Batas Hidrologi DAS (Daerah Aliran Sungai)

Proses Pembuatan Peta DAS Sekampung Hulu menggunakan bahan data raster berupa DEM Provinsi Lampung (Gambar 2) dengan tahapan proses sebagai berikut : pemotongan dengan batas kabupaten Tanggamus, kemudian pada menu ArcToolbox dilakukan proses secara bertahap meliputi *Fill* (mengisi bagian raster yang hilang dari bentuk raster permukaan guna menghilangkan ketidaksempurnaan data), *Flow Direction* (membuat raster arah aliran dari setiap sel ke sel terdekat dengan posisi yang lebih rendah), *Flow Accumulation* (membuat raster aliran akumulasi ke setiap sel), *Stream*

Order (membentuk ordo sungai), *Snap Pour Point* (menentukan titik hilir sungai sebagai pembatas sub daerah aliran sungai), dan terakhir *Watershed* (membentuk batas daerah aliran sungai).

8. Pembuatan Peta Keterdapatn Air (NDWI)

Pembuatan peta kebasahan atau keterdapatn air pada *catchment area* waduk Batutege dilakukan dengan cara analisis Citra Landsat 7 ETM+ dan Citra Landsat 8 OLI dengan menggunakan Teknik NDWI (*Normalized Difference Water Index*). Analisis NDWI menggunakan Band 2, Band 3, Band 4, dan Band 5. Proses analisis dijelaskan sebagai berikut :

$$NDWI = \frac{Green - Red}{Green + Red} \dots\dots\dots(3.1)$$

Untuk Citra Landsat 7 menggunakan rumus :

$$NDWI = \frac{b2-b4}{b2+b4} = \text{Float (" Band 2" - "Band 4")} / \text{Float ("Band 2 + Band 4)}$$

Sedangkan untuk Citra Landsat 8 menggunakan rumus :

$$NDWI = \frac{b3-b5}{b3+b5} = \text{Float (" Band 3" - "Band 5")} / \text{Float ("Band 3 + Band 5)}$$

9. Pembuatan Peta Kerapatan Vegetasi (NDVI)

Pembuatan peta kerapatan vegetasi wilayah penelitian dilakukan dengan cara analisis Citra Landsat 7 ETM+ dan Citra Landsat 8 OLI yang dibuat menggunakan Teknik NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Analisis NDVI menggunakan Band 3, Band 4 dan Band 5. Proses analisis dijelaskan sebagai berikut :

- a. Pemotongan citra untuk wilayah penelitian
- b. Melakukan koreksi radiometric dan geometric citra
- c. Melakukan overlay citra band 3, 4 dan 5 yang diperoleh dengan cara membentuk *polygon* pada daerah yang diinginkan selanjutnya disimpan dalam bentuk shp. Selanjutnya dilakukan proses pemotongan (*clip*) data shp tersebut pada software ArcGIS melalui proses *editing attribute table* dengan tahapan *select by attribute*, kemudian *switch selection*, dan *delete selected*.

Selanjutnya menggunakan tools *Extract by Mask* pada Band 3, Band 4, dan Band 5 kemudian di *overlay* dalam *Raster Calculator* dengan rumus :

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \dots\dots\dots (3.2)$$

Untuk Citra Landsat 7 menggunakan rumus :

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} = \text{Float (" Band 4" - "Band 3")} / \text{Float ("Band 4 + Band 3)}$$

Sedangkan untuk Citra Landsat 8 menggunakan rumus :

$$NDVI = \frac{b5 - b4}{b5 + b4} = \text{Float (" Band 5" - "Band 4")} / \text{Float ("Band 5 + Band 4)}$$

3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini seluruh data yang telah didapatkan selanjutnya diproses menjadi sebuah peta digital menggunakan software ArcGIS 10.3. Peta-peta yang dibuat dengan skala 1:125.000 sebagai berikut:

1. Peta Lokasi Penelitian dalam Batas DAS Way Sekampung
2. Peta Ordo Sungai dalam *Catchment Area* Waduk Batutegi
3. Peta Ketinggian Lahan dan Kelerengan
4. Peta Jenis Tanah
5. Peta Penggunaan Lahan
6. Peta Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI)
7. Peta Indeks Kebasahan/Keairan (NDWI)
8. Peta Curah Hujan

Indeks kerapatan vegetasi (NDVI) diklasifikasikan kedalam lima kelas, yaitu (1) lahan tidak bervegetasi, (2) lahan bervegetasi dengan kerapatan sangat rendah, (3) lahan bervegetasi dengan kerapatan rendah, (4) lahan bervegetasi dengan kerapatan sedang, dan (5) lahan bervegetasi dengan kerapatan tinggi. Nilai indeks untuk setiap kelas kerapatan (NDVI) disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi

Kelas	Nilai NDVI	Tingkat Kehijauan
1	$-1 < \text{NDVI} < 0,12$	Lahan Tidak Bervegetasi
2	$0,12 < \text{NDVI} < 0,22$	Vegetasi Sangat Rendah
3	$0,22 < \text{NDVI} < 0,42$	Vegetasi Rendah
4	$0,42 < \text{NDVI} < 0,72$	Vegetasi Sedang
5	$0,71 < \text{NDVI} < 1$	Vegetasi Tinggi

Sumber: Awaliyan & Sulistyoadi, 2018

Indeks keterdapatn/kebasahan air (NDWI) diklasifikasi kedalam tiga kelas, yaitu (1) areal tidak terdapat air (bukan air), (2) areal kebasahan sedang, dan (3) areal kebasahan tinggi. Nilai indeks untuk setiap kelas kebasahan (NDWI) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Tingkat Kebasahan NDWI

Kelas	Nilai NDWI	Tingkat Kebasahan
1	$-1 < \text{NDWI} < 0$	Lahan Tidak Berair
2	$0 < \text{NDWI} < 0,33$	Kebasahan Sedang
3	$0,33 < \text{NDWI} < 1$	Kebasahan Tinggi (Air)

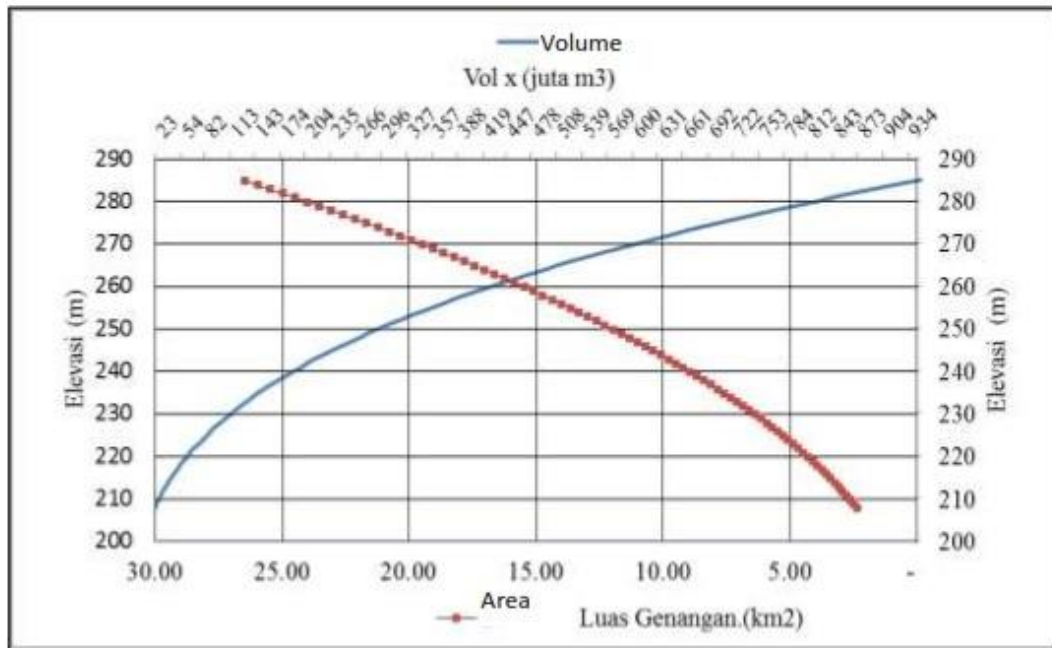
Sumber: Permata dkk (2022)

Untuk mengetahui luas setiap variabel penelitian khususnya pada analisis NDVI dan NDWI, maka dilakukan proses *geometric calculation* pada setiap *attribute table* peta dengan satuan luas yang digunakan adalah hektar.

3.3.4 Tahap Pembuatan Model Hubungan NDVI dan NDWI dengan Simpanan Waduk Batutege

Hubungan antara nilai NDVI dan NDWI dibangun menggunakan persamaan umum linear $Y = a + b X$, dengan peubah $Y = \text{Nilai indeks NDWI}$; $X = \text{Nilai indeks NDVI}$, a dan $b = \text{tetapan}$

Berdasarkan hasil interpretasi data nilai indeks NDWI selanjutnya dapat diduga besarnya volume simpanan waduk menggunakan gambar lengkung karakteristik waduk Batutegi (Gambar 3).



Sumber: Ditjen SDA, Proyek Pengembangan DAS Seputih-Sekampung
Cross Section STA. 0 + 262

Gambar 3. Lengkung Karakteristik Waduk Batutegi

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Tingkat kerapatan vegetasi pada *catchment area* waduk Batutegi berdasarkan hasil analisis citra landsat 8 OLI, dapat diklasifikasi ke dalam 5 (lima) kelas yaitu klas 1 (non vegetasi), klas 2 (kerapatan vegetasi sangat rendah), klas 3 (kerapatan vegetasi rendah), klas 4 (kerapatan vegetasi sedang), dan klas 5 (kerapatan vegetasi tinggi).
2. Selama periode Tahun 2004 hingga Tahun 2023, kualitas penutupan lahan *catchment area* waduk Batutegi dengan vegetasi dapat dikelompokkan ke dalam dua kondisi masa yaitu kondisi masa peningkatan kualitas *catchment area* melalui upaya rehabilitasi lahan (2010-2016) dan kondisi terjadinya penurunan atau kerusakan kembali kondisi *catchment area* (2016-2023) yang diduga akibat tekanan oleh penduduk.
3. Luas genangan waduk Batutegi dapat diduga dengan melakukan interpretasi citra landsat 8 OLI melalui analisis NDWI (*Normalized Determination Water Index*), dengan hasil analisis tingkat kebasahan air dalam tiga kelas, yaitu area bukan air, area dengan tingkat kebasahan rendah, dan area dengan tingkat kebasahan tinggi (area air).
4. Jumlah simpanan waduk Batutegi dapat diduga menggunakan pendekatan interpretasi citra landsat 8 OLI dengan melakukan analisis NDWI (*Normalized Determination Water Index*) kemudian dilanjutkan dengan *fitting* data luas genangan ke dalam kurva *Area-Capacity-Volume* Waduk Batutegi atau menggunakan formulasi matematis hubungan antara luas genangan, tinggi muka air, dan volume waduk.

5. Hasil analisis menunjukkan bahwa korelasi dengan koefisien determinasi (R^2) yang tertinggi antara NDVI dan NDWI ditunjukkan pada kondisi penutupan lahan dengan tingkat kerapatan sangat rendah (klas 1) sebesar 95,59% kemudian diikuti dengan tingkat kerapatan tinggi (klas 4) sebesar 94,80%, tingkat kerapatan rendah (klas 2) sebesar 92,31%, dan tingkat kerapatan sedang (klas 3) sebesar 87,58%. Luas penutupan lahan dengan kondisi vegetasi yang rapat dalam DAS Sekampung Hulu sebagai *catchment area* waduk Batutege cenderung semakin berkurang seiring dengan bertambahnya waktu (periode tahun 2004-2023).

5.2 Saran

1. Untuk memperoleh hasil analisis citra landsat 8 OLI yang lebih baik dalam melakukan pendugaan tingkat kerapatan vegetasi (NDVI) dan tingkat basahan air (NDWI), sebaiknya dilakukan pemilihan bahan citra yang memiliki tingkat penutupan awan (*cloud coverage*) yang rendah, atau sebelumnya dilakukan upaya modifikasi citra melalui proses penghilangan tutupan awan.
2. Pendugaan luas genangan dan volume simpanan waduk dapat dilakukan dengan menggunakan interpretasi citra landsat. Namun untuk tujuan analisis keseimbangan waduk maka faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi keseimbangan waduk harus menjadi variabel yang diperhitungkan berdasarkan data empiris atau data hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Aftriana, C. V. (2013). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Semarang. Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh. Skripsi.UNNES. Semarang.
- Anggraini N, Marpaung S, danzz Hartuti M. 2017. Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah Dengan Menggunakan Metode Edge Detection dan Normalized Difference Water Index (Ujung Pangkah Shoreline Change Analysis Using Edge Detection Method And Normalized Difference Water Index). *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* 14(2): 65–78.
- Arsyad, Sitanala. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bandung.
- Asdak, C . 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Buku. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Banuwa, I.S., Sinukaban, N., Tarigan, S.D. dan Darusman, D. 2008. Evaluasi Kemampuan Lahan Das Sekampung Hulu. *Jurnal Tanah Tropika*. 13(2): 145-153.
- Dayanthi, A.K., Prasetyo, S.Y.J., Fibriani, C. 2023. Klasifikasi wilayah risikobencana banjir di Kota Semarang dengan perhitungan indeks vegetasi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(2), 461 – 470.
- Diah, P.F., Putra, S.Y., Adriat, R. 2022. Distribusi Spasial Tingkat Kebasahan Lahan di Kota Pontianak Menggunakan *Normalized*

Difference Water Index (NDWI). Jurnal PRISMA FISIKA, Vol. 10 No.3. Hal 425-429.

- Dita Utami Putri. 2017. Pemodelan Klasifikasi Tutupan Lahan Gambut Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau Menggunakan *Convolutional Neural Network*. IPB. Bogor.
- Faturrohmah, S. dan Marjuki, B. 2017. Identifikasi Dinamika Spasial Sumberdaya Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*. 31(1): 56-64.
- Faturrahman, I., & Samsu, L.M. 2021. Pendataan Mitra Produk Herbal CV. Rinjani Tirta Lombok Timur Berbasis Geographic Information System (GIS). *Jurnal Informatika dan Teknologi*, 4(1), 70-78.
- Febriana Diah Permataa , Yoga Satria Putraa , Riza Adriata. 2022. Distribusi Spasial Tingkat Kebasahan Lahan di Kota Pontianak Menggunakan Normalized Difference Water Index (NDWI). *Jurnal Prisma Fisika*, Vol. 10, No. 3, Hal. 425 – 429. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Gautam, V. K., Gaurav, P. K., Murugan, P. & Annadurai, M., 2015. Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation, *Aquatic Procedia*, pp. 739-746.
- Handayani, M.N., & Putra, A. 2017. Analisis hubungan antara perubahan suhu dengan indeks kawasan terbangun menggunakan Citra Landsat (studi kasus: Kota Surakarta). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 208-2018.
- Hardianto, A., Dewi, P.U., Feriansyah, T., Sari, N.F.S., Rifiana, N.S. 2021. Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2019 (area studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 2(1), 8-15.
- Hu, Q., Wu, W., Xia, T., Yu, Q., Yang, P., Li, Z., Song, Q. 2013. Exploring

the use of Google Earth imagery and object-based methods in land use/covermapping. *Remote Sensing*, 5 (11), 6026-6042.

Indrapraja Lulus, Eko Noerhayati, dan Azizah Rachmawati. 2015. KAJIAN KARAKTERISTIK FISIK & HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI KONTO HULU KECAMATAN PUJON, KABUPATEN MALANG. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol.8.No.4.

Lillesand, T.M. dan Kiefer, F.W. 2008. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Buku. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 746 hlm.

McFeeters SK. 2013. Using the normalized difference water index (NDWI) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: a practical approach. *Remote Sensing* 5(7): 3544–3561.

Oktaviani, A.R., Nugraha, A. L. dan Firdus, H.S. 2017. Analisis penentuan lahan kritis dengan metode fuzzy logic berbasis penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (studi kasus: Kabupaten Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*. 6 (4): 332-340.

Prahasta, E. 2005 . *Sistem Informasi Geografi: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*. Informatika. Bandung.

Purwadhi, Sri Hardiyanti. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Grasindo. Jakarta.

Purwanto, A. 2016. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk identifikasi normalized difference vegetation index (ndvi) di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Pendidikan*, 13(1), 27-36.

Que, V.K.S., Prasetyo, S.Y.J., Fibriani, C. 2019. Analisis perbedaan indeks vegetasi normalized difference vegetation index (ndvi) dan normalized burn ratio (nbr) Kabupaten Pelalawan menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, 2(1), 1-7.

- Ramadhani, M.A. 2023. *Analisis tingkat kerawanan banjir Kota Bandar Lampung berbasis GIS*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.
- Ramayanti, L. A., Yuwono, B.D. dan Awaluddin, M. 2015. Pemetaan tingkat lahan kritis menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografi (studi kasus Kabupaten Blora). *Jurnal Geodesi Undip*. 4 (2): 200-207.
- Rahmawati, N., Saputra, R., Sugiharto, A. 2014. Sistem Informasi Geografis pemetaan dan analisis lahan pertanian di Kabupaten Pekalongan. *Journal of Informatics and Technology*, 2(1), 106-112.
- Ridwan. 2014. Integrasi Pola Operasi Bendungan dan Bendung Berbeda Basis Waktu untuk Kebutuhan Irigasi. (Disertasi). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ridwan., Sudira, P., Susanto, S., Sutiarto, L. 2013. Manajemen sumberdaya air Daerah Alirah Sungai Sekampung di antara Bendungan Batutegi dan Bendungan Argoguruh, Provinsi Lampung: kerangka analitis penyusunan pola operasinal waduk harian. *Jurnal Agritech*. 33(2): 226-233.
- Rustikasari, N.D., Sasmito, B. dan Hani'ah. 2012. Deteksi perubahan luasan lahan tambak menggunakan deliniasi metode density slicing (studi kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*. 1(1): 1-10.
- Sinaga, R.P. dan Darmawan, A. 2014. Perubahan tutupan lahan di Resort Pugung Tampak Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). *Jurnal Sylva Lestari*. 2(1): 47-58.
- Supriyadi, E., Banuwa, I.S., dan Yuwono, S.B. 2018. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik aliran masuk (inflow) Bendungan Batutegi. *Jurnal Hutan Tropis*. 1(6): 73-81.

- Suwargana, N. 2008. Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 5 (1): 64-74.
- Suwargana, N. 2013. Resolusi spasial, temporal dan spektral pada citra satelit landsat, spot dan ikonos. *Jurnal Ilmiah WIDYA*. 1 (2): 167-174.
- U.S. Geological Survey. 2019. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*. Department of the Interior U.S. Geological Survey. Sioux Falls.
- Utomo, S. 2004. *Pemanfaatan Mapserver Dalam Aplikasi Sistem Informasi Geografi Kota Bogor Di Bidang Wisata Dan Kuliner*. Skripsi Program Studi Teknik Informatika. Universitas Gunadarma. Depok.
- Widjanarko, B.S., Pakpahan, M., Rahardjono, B., dan Suweken, P. 2006. *Aspek Pertanahan Dalam Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian (Sawah)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan BPN. Jakarta.