

### BAB III METODE PENELITIAN

#### A. Tempat Penelitian

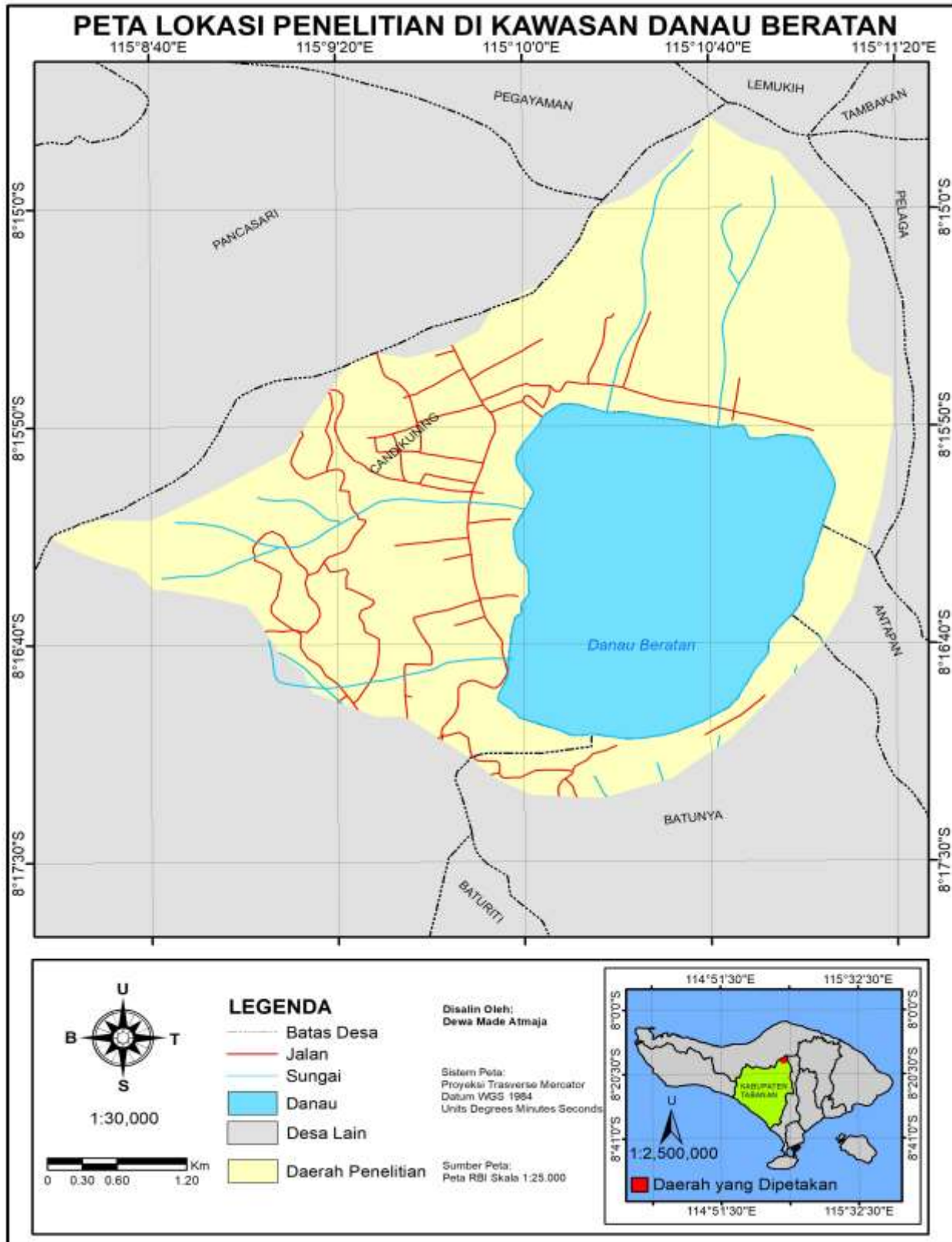
Penelitian ini dilaksanakan di kawasan kaldera gunungapi Beratan Purba di Kecamatan Baturiti Kabupaten Tabanan dan Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng Propinsi Bali. Danau Beratan merupakan danau tertutup terletak di dalam kaldera yang merupakan salah satu obyek wisata potensial di pulau Bali, terletak kurang lebih 50 kilometer ke arah utara kota Denpasar dan kurang lebih 43 kilometer ke arah timur laut kota Tabanan. Garis bujur dan lintang yang membatasi daerah penelitian berdasarkan Peta Rupa Bumi skala 1 : 50.000 tahun 2000 adalah terletak pada  $08^{\circ}14'4'' - 08^{\circ}17'28''$  Lintang Selatan dan  $115^{\circ}8'18'' - 115^{\circ}11'12''$  Bujur Timur (Gambar 2).

Pemilihan danau Beratan di Dataran Tinggi Bedugul sebagai daerah penelitian dilandasi oleh beberapa hal yaitu:

1. Daerah ini sebagai salah satu tujuan wisata di Pulau Bali, sehingga dikawatirkan terjadi penurunan kualitas air sebagai akibat dari peningkatan sarana fisik pariwisata, seperti: penggunaan *speedboat*, *jetsky*, *limbah hotel maupun restoran*.
2. Perkembangan daerah tersebut sangat pesat, sehingga berimplikasi pada peningkatan kebutuhan air.
3. Alih fungsi lahan tidak terkontrol, berakibat pada gangguan terhadap keseimbangan lingkungan, seperti: infiltrasi berkurang, aliran permukaan (*runoff*) makin besar, muka air tanah menurun.
4. Daerah tersebut menjadi rawan terhadap bencana seperti tanah longsor, banjir dan kerusakan terhadap tubuh air danau.

#### B. Waktu Penelitian

Penelitian direncanakan selama dua tahun dari bulan September 2013 sampai dengan Agustus 2015. Sebagai suatu penelitian survai, keberadaan peneliti di lapangan memerlukan waktu yang panjang guna memahami secara mendalam kondisi daerah penelitian. Jadwal bersifat fleksibel karena dimungkinkan adanya perbedaan yang tajam antara gambaran rencana penelitian dengan kondisi daerah penelitian, perubahan-



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

perubahan dalam rencana penelitian sangat dimungkinkan. Rincian jadwal penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jadwal Rencana Penelitian

Pelaksanaan	2013	2014					2015			
	9-12	1-3	4-6	7-9	10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8
Konsultasi proposal	X									
Ujian, Revisi proposal		X								
Interpretasi FU & Peta-Peta terkait		X								
Observasi & pengumpulan data sekunder		X	x							
Survei lokasi penelitian			x	x						
Analisis Laboratorium				x						
Survei quesioner				x						
Analisis data					X					
Pengelompokan data						X				
Analisis data akhir						X				
Penyusunan laporan						X	x	x		
Konsultasi dan revisi hasil penelitian							x	x	X	
Ujian dan revisi									X	X

### C. Bahan dan Alat

1. Bahan-bahan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah:

- Citra satelit Quickbird tahun 2005, 2007, 2009, 2011 dan 2013
- Peta Hidrogeologi Indonesia lembar Bali skala 1 : 250.000 tahun 1982
- Peta Geologi lembar Bali skala 1 : 100.000 tahun 1997
- Peta Tanah skala 1 : 100.000 tahun 1979
- Peta Rupa Bumi Bali skala 1 : 25.000 tahun 2000
- Data meteorologi seperti: curah hujan, temperatur, kelembaban, radiasi matahari, dan epavorasi.
- Zat-zat kimia HCl dan NaOH yang digunakan dalam analisa sampel air dan tanah di Laboratorium.
- Sampel air
- Sampel tanah

2. Alat yang digunakan meliputi:

- Meteran untuk mengukur kedalaman air danau
- Kompas geologi untuk mengukur kemiringan lereng dan arah mata angin
- Kamera untuk mengambil gambar kenampakan di lapangan
- GPS untuk mengetahui posisi geografis pengambilan sampel di lapangan
- Termometer untuk mengukur temperatur air danau

- f. Stick paper untuk mengukur pH air
- g. Bor tanah untuk mengambil sampel tanah
- h. Seperangkat analisa tekstur untuk memisahkan fraksi-fraksi tanah
- i. EC meter AAN log cable digunakan untuk mengukur Daya Hantar Listrik
- j. *Water Sampler* untuk mengambil sampel air
- k. Perahu/speedboat untuk ke tengah danau mengambil sampel air
- l. Botol sampel untuk wadah sampel air yang akan dianalisa di laboratorium
- m. Kertas saring untuk menyaring suspensi dari air sampel
- n. Gelas piala untuk menampung air yang disaring
- o. Corong gelas untuk meletakkan kertas saring
- p. Oven untuk mengeringkan kertas saring
- q. Eksikator untuk mendinginkan kertas saring
- r. Timbangan analitik untuk menimbang kertas saring
- s. Cawan poselin untuk meletakkan sampel air tujuannya mengetahui padatan terlarut
- t. penggaris untuk mengukur endapan terendap
- u. Laboratorium tanah untuk analisa tekstur tanah dan sampel suspensi
- v. Laboratorium kualitas air untuk analisa kualitas air secara kimia dan bakteriologi
- w. Daftar pertanyaan (questioner) berisi identitas responden, besarnya pengambilan air untuk usahanya
- x. Stereoskop cermin untuk interpretasi citra satelit
- y. Komputer dengan software sistem informasi geografis ArcGIS, digunakan untuk input, pengolahan, analisis, dan output data spasial
- z. Scanner, untuk memindahkan data spasial analog ke dalam bentuk digital

## **A. Tata Laksana Penelitian**

### **1. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan spasial (*spatial approach*) dan ekologis (*ecological Approach*). Pendekatan spasial pada dasarnya menggunakan karakteristik ruang sebagai dasar pendekatannya. Pendekatan keruangan terbagi dalam ruang wilayah atau lokasi penelitian dan ruang satuan analisis. Ruang sebagai satuan analisis adalah satuan lahan. Satuan lahan merupakan pembagian lebih lanjut lokasi penelitian berdasarkan pada

komponen lahan yang meliputi informasi persebaran kualitas air, penggunaan lahan, sebaran sedimen. Satuan lahan mencerminkan variasi lokasi penelitian secara fisik alamiah.

Pendekatan ekologis dalam penelitian ini menekankan pada interaksi antara tindakan manusia terhadap lingkungan. Manusia dalam aktivitas pemanfaatan sumberdaya lahan dapat berperan sebagai pemicu degradasi air danau, sementara kepemilikan lahan oleh manusia merupakan objek yang rentan terhadap alih fungsi lahan. Dengan demikian karakteristik sosial ekonomi manusia merupakan bentuk kapasitas menghadapi degradasi air danau.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei lapangan yang meliputi: pengamatan, pengukuran, pengambilan sampel tanah dan air, serta analisis data-data sekunder. Data lapangan dianalisis dengan deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Untuk lebih jelasnya rancangan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Rancangan Penelitian

Pertanyaan Penelitian	Pendekatan	Tujuan	Variabel	Analisis
Bagaimana kualitas dan kuantitas air danau Beratan?	Survei dan pengambilan sampel air	Menganalisis kualitas air danau Beratan	parameter fisika air Parameter kimia air Parameter biologi air	Sampel air dan standar baku mutu air
	Survei, pengambilan sampel tanah dan kuisioner	Mengkaji kuantitas air danau Beratan	Curah hujan, WHC, limpasan, air masuk, evaporasi, penggunaan air, air keluar danau, storage	inflow, outflow, storage dan fluktuasi
Seberapa besar hasil suspensi terakumulasi dan laju sedimentasi?	Survei dan pengambilan sampel air	Menganalisis hasil suspensi yang terakumulasi dan laju sedimentasi	Suspensi dan sedimen	hasil suspensi ,TDS dan konsentrasi suspensi
Faktor-faktor apa saja penyebab turunnya fungsi danau dan dampaknya?	Survei mengidentifikasi faktor penyebab turun fungsi danau	Menganalisis faktor penyebab turunnya fungsi danau dan dampaknya	Iklim, kondisi lahan, aktivitas manusia dan degradasi air	penggunaan lahan dan kegiatan manusia
Bagaimana potensi ekonomi danau Beratan ?	Survei lapangan dan instansi terkait	Menganalisis potensi ekonomi danau Beratan	Budi daya ikan, KJA, pariwisata, PDAM, festival budaya, transportasi, ritual	Nilai total potensi ekonomi danau Beratan



Apakah upaya konservasi danau dapat diwujudkan dalam bentuk Peta	Spasial	Membuat peta konservasi berbasis SIL	ke agamaan, pertanian Pola keruangan	Spasial dan ekologis
--	---------	--------------------------------------	---	----------------------

## 2. Perolehan Data, Populasi dan Sampel

Perolehan data objek penelitian dilakukan secara survai. Survei merupakan teknik penelitian melalui pengamatan langsung atau pengumpulan informasi melalui media seperti kuesioner terhadap suatu gejala (Slamet, 2006). Survei didasarkan pada aktivitas atau fenomena-fenomena yang terjadi pada objek penelitian, bertujuan untuk mendapatkan data-data yang terkait dengan permasalahan degradasi air danau Beratan.

Populasi dalam penelitian ini adalah lahan yang terdapat dalam kaldera Gunungapi Beratan Purba di dataran tinggi Bedugul Bali dan penduduk berprofesi sebagai petani. Mengingat populasi dalam penelitian ini berupa lahan tentunya perlu dipersempit populasinya dengan cara pengambilan sampel. Pengambilan sampel tanah disesuaikan dengan jenis tanah dan penggunaan lahan caranya secara *random sampling*, sampel air diambil secara *stratified random sampling* berdasarkan perbedaan kedalamannya, sedangkan sampel air horisontal diambil berdasarkan zone dengan teknik *random sampling* selain itu sampel air juga diambil pada *central of gravity* danau dengan teknik *stratified random sampling*

Penentuan sampel dari populasi responden juga dilakukan secara purposif (*purposive sampling*). Dalam penelitian ini populasi penduduk pada ketiga dusun (Dusun Candikuning I, Dusun Candikuning II dan Dusun Kembangmerta) sebanyak 4.377 orang dan presisi yang ditetapkan sebesar 10%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kecermatan studi dapat dikategorikan cermat, untuk tingkat kepercayaan 90% (Usman, 2006).

Teknik pengambilan sampel menggunakan rumus Taro Yamane yang dalam Riduwan (2008) sebagai berikut

$$n = \frac{N}{N.d^2 + 1} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

N = Jumlah Populasi

$d^2$  = Presisi yang ditetapkan

$$n = \frac{4.377}{4.377 \times (0,1)^2 + 1}$$

$n = 97,77$  atau 98 responden

Maka untuk penelitian ini digunakan 98 responden yang mewakili populasi di Dusun Candikuning I, Dusun Candikuning II dan Dusun Kembangmerta. Kemudian untuk menentukan jumlah sample untuk masing masing dusun dihitung secara bertingkat (berstrata) dengan rumus

$$n_i = \frac{N_i}{N} \cdot n \quad (2)$$

Keterangan:

$n_i$  = jumlah sampel menurut stratum

$n$  = jumlah sampel seluruhnya

$N_i$  = jumlah populasi menurut stratum

$N$  = jumlah populasi seluruhnya

Sehingga diperoleh jumlah sampel untuk masing-masing dusun adalah sebagai berikut:

1. Dusun Kembangmerta =  $(1.401/4.377) \times 98 = 31$  orang
2. Dusun Candikuning I =  $(1.068/4.377) \times 98 = 24$  orang
3. Dusun Candikuning II =  $(1.908/4.377) \times 98 = 43$  orang

### 3. Variabel Penelitian

Dalam melakukan penelitian, peneliti harus mengidentifikasikan variabel-variabel yang akan diteliti. Variabel diartikan sebagai konstruk-konstruk atau sifat-sifat yang diteliti. Dapat pula dikatakan bahwa variabel adalah sesuatu yang menggolongkan anggota-anggota kelompok ke dalam beberapa golongan. Dapat pula dikatakan bahwa variabel adalah suatu sifat yang dapat memiliki bermacam nilai atau harga. Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini bisa dilihat pada Tabel 4. berikut ini.

Tabel 4. Variabel Untuk Mengkaji Degradasi Air Danau

Variabel	Parameter	Indikator	Satuan
Kualitas air	fisika	Suhu	°C
		Warna	Skala TCU
		Rasa	-
		Bau	-
		Padatan terlarut	mg/l

	kimia	pH	-
		Kesadahan	mg/l
		Besi	mg/l
		Aluminium	mg/l
		Sulfat	mg/l
		Nitrat dan Nitrit	mg/l
		Klorida	mg/l
		Zink	mg/l
		Air raksa	mg/l
		Arsen	mg/l
		Plumbun	mg/l
		Minyak/lemak	mg/l
	Biologi	Escherichia Coli	MPN/100 ml
		Total Coliform	MPN/100 ml
Kuantitas air	Pengaliran masuk	Curah hujan	M <sup>3</sup> /detik
		Limpasan (RO)	M <sup>3</sup> /detik
		Spring/Seepage	M <sup>3</sup> /detik
	Pengaliran keluar	Evapotranspirasi	M <sup>3</sup> /detik
		PDAM + pengguna- an masyarakat setempat	M <sup>3</sup> /detik
		rembesan ke luar Storage	M <sup>3</sup> /detik
	Perubahan timbunan air		M <sup>3</sup> /detik
Sedimen	Hasil suspensi	Konsentrasi suspensi (TDS)	gram/liter
	<i>Total dissolved solid</i>	Berat sedimen terendapkan	gram/liter
	Hasil sedimen		gram/liter
Penurunan fungsi danau	Kerusakan tubuh air	Pendangkalan pencemaran	dan meter kubik mg/l
Potensi ekonomi Danau Beratan	Nilai ekonomi	Budi daya ikan, KJA, pariwisata, PDAM, festival budaya, transfortasi, ritual ke agamaan, pertanian	Rupiah (Rp)
Peta konservasi fungsi danau	Data lingkungan dari permasalahan di atas	Idem dengan di atas	Peta skala 1:50.000

#### 4. Jenis Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil interpretasi peta atau citra penginderaan jauh, wawancara dengan responden terpilih maupun hasil pengamatan dan pengukuran di lapangan serta hasil analisis laboratorium. Data sekunder merupakan data dan informasi yang diperoleh berdasarkan perangkuman hasil penelitian terdahulu, kajian kepustakaan dan data instansional. Data yang dimaksud adalah sebagai berikut:

##### a. Data primer, meliputi:



- Pengukuran untuk menentukan titik pengambilan sampel air dan tanah
- Mengukur temperatur, warna, bau, pH dan DHL
- Analisa kualitas air meliputi: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Hg, Cn, CO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, Pb, Cu, DO, kekeruhan, TDS, BOD, COD dan bakteri coli.
- Analisa tanah untuk mengetahui persentase teksturnya
- Water Holding Capacity (WHC) untuk mengetahui kelolosan air dalam tanah
- Konsentrasi suspensi, padatan terlarut, dan tebal sedimen
- Pengambilan air oleh penduduk
- Data pengukuran terestris terhadap morfometri danau
- Luas daerah tangkapan danau
- Penggunaan lahan aktual
- Wawancara (kuisisioner) dengan penduduk terkait pemahaman tentang konservasi

**b. Data sekunder, meliputi:**

- Data meteorologi terdiri dari: curah hujan, temperatur udara, kelembaban, radiasi matahari, dan kecepatan angin.
- Peta Topografi, Peta Geologi, Peta Tanah, Peta Penggunaan Lahan, dan Foto Udara.
- Data fluktuasi air danau Beratan

**5. Prosedur Kerja Penelitian**

Prosedur kerja penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga tahap, yaitu: tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap pasca pelaksanaan

**a. Tahap persiapan**

- 1). Studi kepustakaan, yaitu mempelajari buku penunjang, jurnal internasional dan nasional yang berkaitan dengan obyek penelitian.
- 2). Menyiapkan dan mempelajari peta-peta yang terkait dengan penelitian seperti: Citra satelit Quickbird, Peta Topografi, Peta Tanah, Peta Geologi, dan Peta Penggunaan Lahan.

**b. Tahap pelaksanaan**

- 1). Melakukan observasi dan pengukuran-pengukuran sesuai indikator.
- 2). Wawancara dengan responden
- 3). Pendokumentasian setiap lokasi yang di survai
- 4). Pengambilan sampel tanah dan air

- 5). Mengumpulkan data sekunder dan data primer lainnya
- 6). Melakukan pencocokan antara informasi di citra satelit dengan kondisi penelitian.

### c. Tahap pascapelaksanaan

- 1). Analisis sampel tanah dan sampel air di laboratorium
- 2). Menganalisis data dengan teknik perhitungan/sesuai dengan metode yang digunakan.
- 3). Penyeleksian data kuesioner dan analisis statistik.
- 4). Penyusunan peta konservasi berbasis SIL dengan menggunakan ArcView 3.2

Data konservasi fungsi danau dan cara pengukurannya disajikan pada Tabel 5

Tabel 5. Teknik Pengukuran Data Konservasi Fungsi Danau di Lapangan dan Laboratorium

Data		Pengukuran	
Parameter	Indikator	Lapangan	Laboratorium
Sifat fisika air	Suhu	-	Termometer
	Warna	-	Kolorometer
	Rasa	Pengamatan	-
	Bau	-	Organoleptik
	Padatan terlarut	-	Gravimetrik
Sifat kimia air	pH	-	pH meter
	Kesadahan	-	AAS
	Besi	-	AAS
	Aluminium	-	AAS
	Sulfat	-	AAS
	Nitrit dan Nitrat	-	Spektrofotometer
	Klorida Zink	-	Spektrofotometer
	Air raksa	-	Spektrofotometer
	Arsen	-	Spektrofotometer
	Plumbun	-	Spektrofotometer
	Amoniak	-	Titrimetris
	BOD	-	Winkler
	COD	-	Winkler
Sifat Biologi	Escherichia Coli	-	MPN
	Total Coliform	-	MPN
Sifat fisik tanah	Tekstur	Metode perabaan	Metode pemipetan
Pengaliran masuk	Curah hujan	Stasiun meteorologi	Polygon Theiessen
	Limpasan (RO)	Stasiun meteorologi	Thornthwaite M.
	Seepage/spring	Pengamatan	Peta hidrogeologi

Pengaliran keluar	Evapotranspirasi Pemakaian air Rembesan keluar	Stasiun meteorologi PDAM + wawancara Pengamatan	Michel Frere - Peta hidrogeologi
Perubahan timbunan air/Storage	Fluktuasi air	Pengamatan	PU/seksi hidrologi
Hasil Suspensi	Konsentrasi suspensi.	Pengamatan	Gravimetrik
Hasil sedimen	Sedimen terendapkan.	Pengamatan	Penggaris
Pengetahuan konser-vasi lahan.	Tidak tahu, tahu, dan paham terhadap karakteristik lahan dan teknik konservasi lahan.	Wawancara dan kuesioner	-

Prosedur kerja penelitian disajikan pada Gambar 3 berikut ini.

## 6. Analisis Data

### a. Analisis Kualitas Air

Sampel air danau Beratan yang sudah diambil selanjutnya dibawa ke laboratorium kualitas air, bertujuan untuk menganalisis konsentrasi masing-masing parameternya, adalah: parameter fisika, parameter kimia, dan parameter biologinya. Hasil analisis tersebut dapat menunjukkan tingkat degradasi. Pengukuran parameter kimia:

- 1). Pengukuran pH dan DO perairan dilakukan dengan menggunakan instrumen elektrik, DO meter dan pH meter.
- 2). Pengukuran BOD dilakukan dengan metode Winkler
- 3). Pengukuran kadar logam dalam sampel air dengan AAS

Pengukuran parameter biologi dengan pengukuran nilai MPN (*Most Probable Number*).

Data hasil penelitian terhadap sampel air dianalisis dengan perbandingan menggunakan baku mutu air kelas I untuk perairan tawar dalam PP Nomor 82 tahun 2001. Hasil pengamatan dan penelitian masing-masing sampel juga dianalisis secara deskriptif.

Analisis keruangan secara matching berupa input nilai hasil uji laboratorium kualitas air dan data pendukungnya dimasukkan ke dalam tabel ArcGIS 10 guna menyusun peta yang digunakan dalam proses tumpang susun peta-peta tematik dengan maksud menghasilkan peta berbasis sistem informasi lingkungan.

Penentuan pencemaran menggunakan metode STORET, metode STORET menggunakan cara pemberian poin sederhana terhadap parameter tertentu yang melebihi baku mutu. Total jumlah nilai tersebut yang pada akhirnya menentukan tingkat pencemaran. Penggunaan metode STORET akan memunculkan perbandingan tingkat pencemaran perairan. Hasilnya akan menggambarkan tingkat pencemaran danau Beratan sesuai dengan metode yang digunakan (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003). Selanjutnya dari hasil ini dapat digunakan untuk membuktikan hipotesis

Penentuan status mutu badan air dengan metode STORET dilakukan dengan cara berikut:

- 1). Melakukan pengumpulan data kualitas air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu.
- 2). Bandingkan data hasil pengukuran dengan baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
- 3). Jika hasil pengukuran memenuhi baku mutu air maka diberi skor 0.
- 4). Jika hasil pengukuran tidak memenuhi baku mutu air maka diberi skor (lihat Tabel 6):

Tabel 6. Skor untuk Metode STORET

Sample quantity	Value	Parameters		
		Physics	Chemical	Biology
< 10	Maximum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Average	-3	-6	-9
10 ≤	Maximum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Average	-6	-12	-18

- 5). Jumlah negative dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan criteria dari US-EPA (*Environmental Protection Agency*) menjadi 4 status:

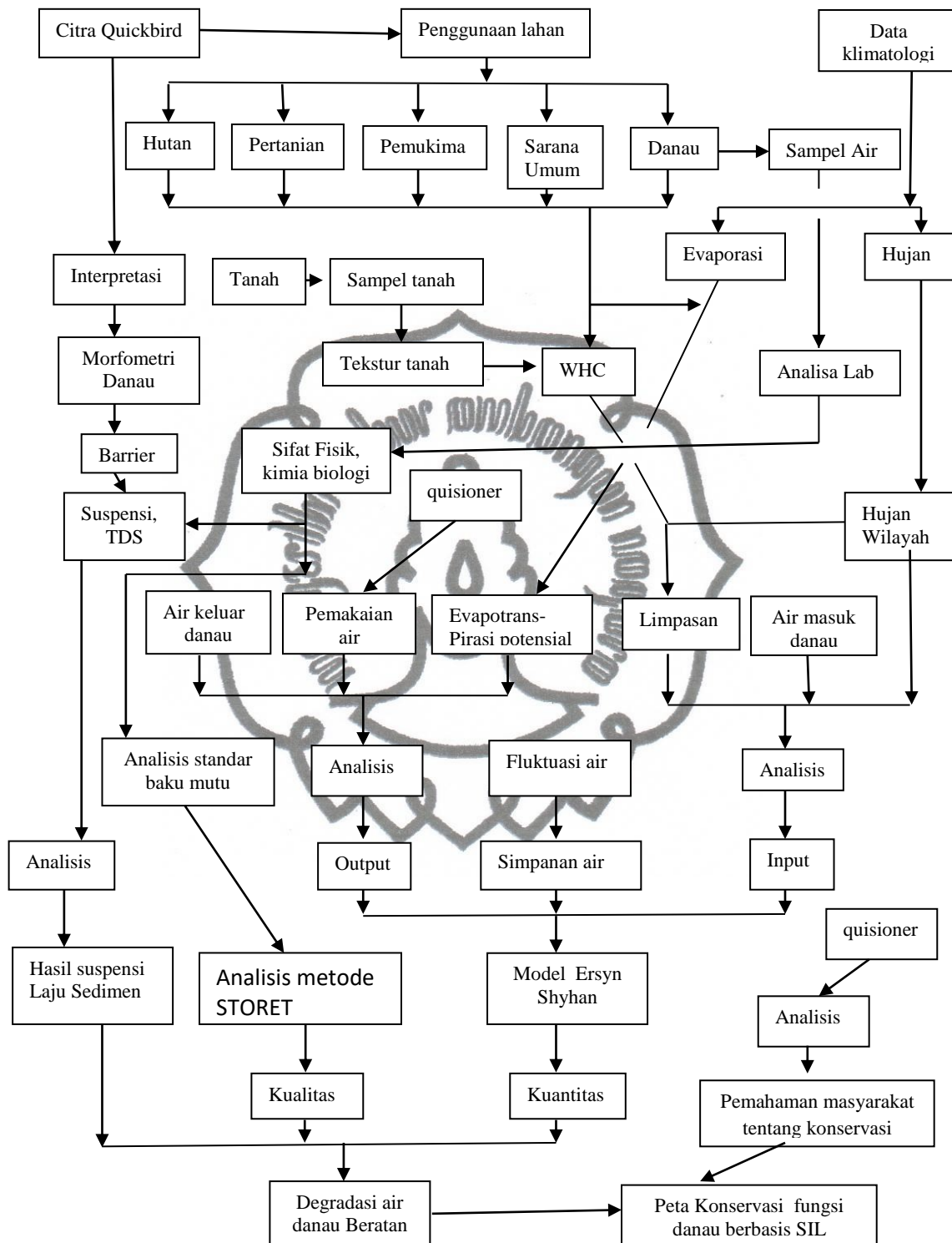
Status A: baik sekali, skor = 0 → memenuhi baku mutu

Status B: baik, skor = -1 sampai dengan -10 → cemar ringan

Status C: sedang, skor = -11 sampai dengan -30 → cemar sedang

Status D: buruk, skor  $\geq -31$

→ cemar berat



Gambar 3. Diagram alir penelitian

#### a. Analisis Kuantitas Air



Untuk menganalisis kuantitas air danau Beratan menggunakan model Earsyn Seyhan (1975: 11), formulanya sebagai berikut:

$$P + Q_i + Q_g = E_o + Q_o + S_g \pm \Delta S \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

P = Curah hujan yang langsung jatuh pada permukaan danau.

Q<sub>i</sub> = Limpasan air permukaan (*surface runoff*) yang masuk ke danau.

Q<sub>g</sub> = Rembesan air tanah yang berasal dari luar tangkapan hujan dalam rumus imbalan air Q<sub>g</sub> dianggap nol.

E<sub>o</sub> = Evaporasi air bebas

Q<sub>o</sub> = Air danau yang digunakan oleh PDAM, penduduk dan industri pariwisata.

S<sub>g</sub> = Air danau yang ke luar lewat pori-pori tanah.

ΔS = Perubahan timbunan air danau.

Berikut ini merupakan penjelasan parameter dari formula model Earsyn Seyhan adalah

#### 1). Perhitungan pengaliran masuk

Perhitungan pengaliran masuk meliputi perhitungan besarnya curah hujan (P) dan limpasan (R<sub>o</sub>). Besarnya aliran permukaan yang memasuki danau (Q<sub>i</sub>) dalam hal ini dianggap nol dan aliran air tanah masuk alih cekungan (G<sub>i</sub>) dalam perhitungan ini juga dianggap nol, karena persebaran lapisan batuan terpusat kearah pusat danau (Syehan, 1957). Curah hujan (P) yang diperhitungkan adalah curah hujan bulanan dan rata-rata tahunan. Curah hujan Danau Beratan dihitung dengan menggunakan metode “Polygon Thiensen” dengan rumus :

$$P = \frac{A_1.P_1 + A_2.P_2 + \dots\dots\dots + A_n.P_n}{A_1+A_2+A_n} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

P = curah hujan

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>n</sub> = curah hujan di tiap titik pengamatan dan ‘n’ adalah jumlah titik pengamatan

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>n</sub> = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan

(Suyono, 1985)

Sedangkan limpasan (Ro) Danau Beratan diproses dengan menggunakan metode analisis *deskriptif kuantitatif* dengan menggunakan model perhitungan “*Thornthwaite Mather*”.

Langkah langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a). Menghitung (P-Ep)
- b). Menghitung “*Accumulated Potencial Water Loss*” (APWL), perhitungan ini diperoleh dengan menjumlahkan nilai-nilai P-Ep untuk bulan-bulan yang mempunyai angka-angka negatif.
- c). Menghitung *storage* (Si) dengan nilai maksimum sama dengan WHC yang dapat dilakukan dengan Tabel Thornthwaite atau dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$St = Sto \times c^{APWL-Sto}$$

- Besarnya *storage* untuk bulan-bulan dengan nilai P-Ep positif adalah sama dengan nilai WHC. Untuk bulan-bulan dengan P-Ep negatif nilai *storage* diperhitungkan dan nilai APWL pada bulan-bulan yang bersangkutan dengan menggunakan tabel “*Soil Moisture Retention*” yang mempunyai nilai WHC yang telah ditentukan. Seandainya nilai penjumlahan tersebut nilainya sudah melebihi harga WHC-nya, maka nilai *storage* sama dengan nilai WHC yang sudah ditentukan.
- d). Menghitung penambahan air ( $\Delta St$ ), diperoleh dari hasil pengurangan harga *storage* pada bulan bersangkutan dengan bulan sebelumnya.
  - e). Menghitung evapotranspirasi aktual (Ea), nilai ini dihitung dengan melihat nilai P-Ep pada langkah pertama. Apabila (P-Ep) > 0, maka  $Ea = Ep$ , apabila (P - Ep) < 0, maka  $Ea = P + (\Delta St)$  Defisi (D) dihitung dengan mencari selisih antara  $Ep - Ea$  untuk bulan dengan (P < Ep).
  - f). Surplus (S) dihitung untuk bulan dengan (P > Ep), untuk S = WHC-nya, maka surplus adalah (P - Ep). Untuk S < WHC-nya maka surplus adalah (P-Ep) $\Delta St$ .
  - g). Debit Limpasan (*runoff*) adalah 50% dan surplus akan menjadi *runoff*, sedangkan sisanya akan masuk ke dalam tanah dan akan keluar lagi 50% pada bulan berikutnya.
- 2). Perhitungan pengaliran ke luar

Dalam perhitungan pengaliran ke luar Danau Beratan meliputi perhitungan evaporasi, pemberian air rata-rata per daerah irigasi, pemakaian air untuk PDAM

Tabanan, dan kebutuhan air non-irigasi, sedangkan ( $Q_o$ ) di daerah penelitian dianggap nol. Seperti halnya  $Q_i$ , ada tidaknya  $Q_o$  dapat dicari dengan terlebih dahulu menganggap aliran air tanah keluar alih cekungan ( $G_o$ ) juga terlebih dahulu dianggap nol seperti pada aliran tanah alih cekungan ( $G_i$ ).

Besarnya evaporasi yang diperoleh dari stasiun klimatologi yang bersangkutan atau representasi evaporasi di daerah tempat stasiun klimatologi berada. Oleh karena tidak semua stasiun memiliki ketersediaan data evaporasi maka dalam penelitian ini penulis menggunakan data-data dari stasiun meteorologi Danau Beratan, yaitu dengan cara perhitungan “*Penmann*” yang menggunakan beberapa parameter meteorologi antara lain : suhu udara, kelembaban udara relatif, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, tekanan uap air, radiasi benda hitam, radiasi gelombang pendek, letak lintang, dan elevasi daerah penelitian. Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan cara perhitungan dari Penman yang dikembangkan oleh Michel Frere, rumusnya sebagai berikut.

$$E_p = \frac{\frac{\rho_o \Delta}{\rho y} \{ 0,75 R_a (0,18 + 0,55n/N) - \sigma T_k^4 (0,56 - 0,79\sqrt{e_a})(0,10 + 0,90n/N) \} + 0,26(e_a - e_d)(1,00 + 0,54U)}{\frac{\rho_o \Delta}{\rho y} + 1,00} \quad (5)$$

Keterangan:

$E_p$  = Evapotranspirasi potensial (mm/hari).

$\rho_o$  = Tekanan atmosfer rata-rata di atas permukaan air laut (millibars).

$\rho$  = Tekanan atmosfer rata-rata sebagai fungsi dari tinggi stasiun tempat dimana perhitungan dilakukan (millibars).

$\Delta$  = Lereng kurve tekanan uap jenuh pada suhu tertentu (mm Hg/ $^{\circ}$ C).

$y$  = Koefisien psikometrik dari psikometer, nilainya sebesar 0,66.

$R_a$  = Radiasi gelombang pendek yang diterima pada batas atmosfer bumi bagian luar (1 mm = 59 kalori) dinyatakan dalam (mm).

$N$  = Rata-rata penyinaran matahari secara letak lintang dinyatakan dalam (jam).

$n$  = Rata-rata penyinaran matahari selama sehari dinyatakan dalam (jam).

$\sigma T_k^4$  = Radiasi benda hitam yang dinyatakan dalam (mm).

$e_a$  = Tekanan uap jenuh (millibars)

$e_d$  = Tekanan uap dalam periode (millibars).

T = Temperatur udara yang terukur di stasiun (°C).

U = Kecepatan angin rata-rata pada ketinggian 2 m dalam suatu periode dan dinyatakan dalam (m/detik). Kecepatan dalam rumus sebesar 0,28 jika kecepatan angin dinyatakan dalam (km/jam).

### 3). Perubahan Timbunan Air

Perhitungan perubahan timbunan air ( $\Delta S$ ) pada danau berdasarkan atas perubahan volume air dari waktu ke waktu, rumus yang digunakan untuk menghitung volume air danau adalah model Welch (1952: 95) sebagai berikut

$$V = 1/3 \cdot h \cdot (a_1 + a_2 + \sqrt{a_1 \cdot a_2}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

V = Volume tiap lapisan

h = kedalaman tiap lapisan

a<sub>1</sub> = luas lapisan atas

a<sub>2</sub> = luas lapisan bawah

Selanjutnya dari rumus volume di atas dapat diketahui perubahan timbunan air danau, rumusnya sebagai berikut.

$$\Delta S = V_{\text{Februari}} - V_{\text{Januari}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

$\Delta S$  = Perubahan timbunan air danau bisa positif dan bisa negatif.

V<sub>feb</sub> = Volume air danau bulan Februari

V<sub>jan</sub> = Volume air danau bulan Januari

Perhitungan terhadap air danau yang digunakan oleh penduduk dan industri pariwisata dilakukan dengan cara wawancara/kuesioner hasilnya dijumlahkan dengan data dari PDAM sehingga diperoleh nilai Q<sub>0</sub>. Selanjutnya dari hasil analisis kuantitas air dengan model Seyhan dapat digunakan untuk membuktikan hipotesis.

### b. Analisis Suspensi

Menghitung besarnya hasil suspensi dan padatan terlarut dengan menggunakan data konsentrasi suspensi dan total padatan terlarut dan data volume air danau.

#### 1). Cara menghitung konsentrasi suspensi

$$C_s = \frac{g_1 - g_2}{\dots\dots\dots} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Vol

Keterangan: Cs = Konsentrasi muatan tersuspensi (gram/liter)

g<sub>1</sub> = berat kertas saring yang sudah dikeringkan (gram)

g<sub>2</sub> = berat kertas saring sebelum digunakan (gram)

vol = volume sampel (liter).

2). Cara menghitung hasil suspensi

$$H_s = C_s \times \text{Vol} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan: H<sub>s</sub> = hasil suspensi

C<sub>s</sub> = Konsentrasi muatan tersuspensi (gram/liter)

Vol = volume air danau (liter).

3). Cara menghitung padatan terlarut

$$\text{TDS} = \frac{g_2 - g_1}{\text{Vol}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan: TDS = padatan terlarut (gram/ml)

g<sub>2</sub> = berat cawan berisi sampel (gram)

g<sub>1</sub> = berat cawan kosong (gram)

vol = volume sampel (50 ml)

4). Cara menghitung berat sedimen terendapkan

Tebal sedimen x luas endapan x berat jenis sedimen

Sehingga laju sedimentasinya dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh komponen sedimen, yaitu:

$$\text{Hasil Suspensi} + \text{hasil TDS} + \text{hasil sedimen} = \text{Total sedimen (gram)}. \quad \dots\dots\dots (11)$$

Analisis sistem informasi lingkungan, yaitu dengan memberikan gambaran bagaimana pola penyebaran hasil suspensi yang terakumulasi pada danau Beratan. Laju sedimentasi yang diperoleh dari perhitungan, diklasifikasikan dan dibandingkan secara keruangan. Klasifikasi yang digunakan disajikan pada Tabel 6 dan sekaligus dapat digunakan untuk membuktikan hipotesis. Hasil perhitungan laju sedimentasi danau digambarkan atau disajikan pada Peta Laju Sedimentasi danau.

Tabel 6. Klasifikasi laju sedimentasi

Kelas	Jumlah (ton/ha/tahun)
-------	-----------------------



Sangat ringan	0 – 14,6
Ringan	14,7 – 29,3
Sedang	29,4 – 46,9
Agak berat	47 – 63
Berat	63,1 – 80,6
Sangat berat	> 80,7

Sumber: Soil Conservation and Management in the Humid Tropic, 1997

Analisis keruangan secara matching berupa input nilai hasil uji laboratorium suspensi dan sedimentasi dan data pendukungnya dimasukkan ke dalam tabel ArcView 3.2 guna menyusun peta yang digunakan dalam proses tumpang-susun peta-peta tematik dengan maksud menghasilkan peta genesis suspensi berbasis sistem informasi lingkungan.

### c. Analisis Valuasi Ekonomi

Penentuan nilai ekonomi pada ekosistem Danau Beratan akan memberi dampak yang berbeda terhadap pemanfaatan dan perlakuan ekosistem danau dimasa akan datang. Dengan menentukan nilai ekonomi pada ekosistem danau, diharapkan terjadi peningkatan apresiasi terhadap keberadaan Danau Beratan sebagai aset daerah yang memiliki potensi bagi peningkatan pertumbuhan ekonomi daerah, perkembangan sosial masyarakat serta budaya setempat.

Metode yang digunakan dalam menghitung nilai ekonomi ekosistem Danau Beratan, yakni manfaat langsung yang dihasilkan oleh danau terhadap masyarakat setempat serta pemerintah daerah Kabupaten Tabanan yang meliputi: pendekatan harga pasar (*market price*), pendekatan biaya perjalanan (*travel cost method*), dan metode penilaian kotingensi (*Contingent Valuation Method*).

### d. Analisis Faktor-faktor Degradasi Fungsi Danau dan Dampak

Untuk permasalahan ke empat ini tentang faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi danau dan dampaknya adalah menggunakan analisis deskriptif dengan pendekatan ekologi. Sedangkan untuk membuktikan hipotesisnya menggunakan hasil dari permasalahan satu, dua dan tiga.

### e. Peta Konservasi Fungsi Danau Berbasis SIG

Analisis keruangan secara matching berupa input nilai dari keseluruhan permasalahan dimasukkan ke dalam tabel ArcGIS 10, guna menyusun peta yang digunakan dalam proses tumpang-susun peta-peta tematik dengan maksud menghasilkan

peta konservasi fungsi danau Beratan berbasis sistem informasi lingkungan yang merupakan produk dari penelitian ini.

#### E. Batasan Istilah Operasional

1. Danau adalah suatu tubuh air yang tergenang yang menempati suatu basin dan terpisah dari lautan (Martopo, 1981).
2. Gunungapi strato adalah gunungapi dengan bentuk kerucut yang tersusun oleh stratifikasi batuan beku luar dan rempah gunungapi serta kadang-kadang diterobos oleh batuan beku instrusi dangkal (Bronto, 2001).
3. Kualitas air adalah karakteristik air dari sifat-sifat fisis, khemis, bakteriologis maupun kandungan endapan (Bouwer, 1978).
4. Kuantitas air adalah besarnya imbalan antara aliran air yang masuk dan aliran yang ke luar pada suatu daerah dalam suatu periode waktu tertentu (Seyhan, 1977).
5. Hasil suspensi adalah jumlah suspensi yang terkumpul pada danau yang diperoleh dari perkalian antara konsentrasi suspensi dengan volume air danau pada saat pengambilan sampel (Deborah, 1996).
6. Hasil sedimen adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu (Asdak, 1995).
7. Hasil padatan terlarut (hasil TDS) adalah jumlah total padatan terlarut yang ada pada danau (Alaerts, 1987).
8. Konsentrasi padatan terlarut (konsentrasi TDS) adalah total padatan terlarut dalam sampel (Alaerts, 1987).
9. Suspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung, berupa partikel dengan ukuran dan berat yang lebih kecil dari pada sedimen (Deborah, 1996).
10. Sedimen adalah hasil erosi yang berupa bahan yang dapat mengendapkan secara langsung setara dengan *bed load* (Engelen, 1972).
11. Baku mutu air adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya (BAPEDALDA, 2000)
12. Sempadan danau adalah kawasan tertentu di sekeliling danau yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi danau (Chye, 1982).

13. Limpasan (*surface runoff*) adalah sebagai sebagian curah hujan yang jatuh dipermukaan tanah dan berbentuk aliran permukaan atau aliran sungai setelah mengalami peresapan dan penguapan (Seyhan, 1977).
14. Curah hujan (presipitasi) adalah sejumlah air yang dapat berbentuk cair maupun padat yang jatuh dari atmosfer dan mencapai permukaan bumi (Weisner, 1970).
15. Evaporasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap air dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara (ILRI, 1972).
16. Evapotranspirasi potensial adalah besarnya evapotranspirasi yang mungkin terjadi bila persediaan air cukup untuk pertumbuhan tanaman secara optimal (ILRI, 1972).
17. Konservasi air adalah memanfaatkan air hujan yang jatuh ke tanah seefisien mungkin, mengendalikan kelebihan air di musim hujan dan menyediakan air yang cukup di musim kemarau (Suripin 2004).
18. Dampak adalah perubahan lingkungan hidup yang sangat mendasar yang diakibatkan oleh suatu usaha dan/atau kegiatan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 1999 Bab I Pasal 1 Ayat 2)

