

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Gunung Papandayan

Gunung papandayan adalah gunung berapi stratovolcano yang memiliki topografi curam, berbukit dan bergunung serta tebing yang terjal. Sedangkan menurut klasifikasi Schmidt dan Feguson termasuk tipe iklim B, dengan curah hujan rata-rata 3000 mm/tahun, kelembaban udara 70-80% dan temperatur 10°C (Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Barat, 2016). Gunung ini terletak di Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut, Jawa Barat, sekitar 20 km di barat daya Kota Garut dan sekitar 70 km di tenggara Kota Bandung. Dengan ketinggian 2665 meter di atas permukaan laut. Secara geografis, puncak gunung ini berada di koordinat 07°19'42" Lintang Selatan dan 107°44' Bujur Timur (Hadisantono, 2006).

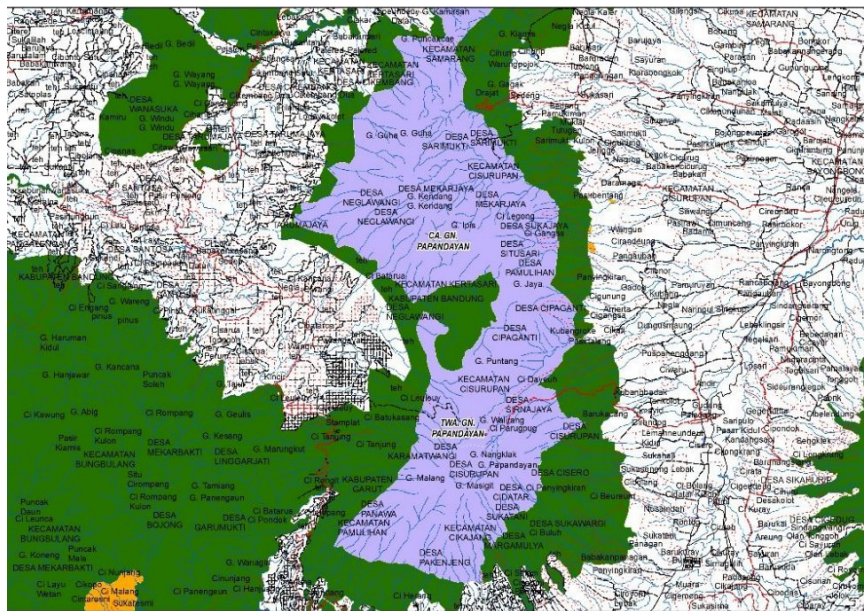


Gambar 2.1 Gunung Papandayan

Sumber: Pribadi

Secara administratif, ini berada di bawah pengelolaan Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Pertanian pada tanggal 8 Mei 1990 dengan Nomor 226/Kpts/11/1990, tentang Penetapan

Kawasan Hutan Gunung Papandayan menjadi Cagar Alam seluas 6.807 hektar dan Taman Wisata Alam seluas 225 hektar terletak antara 7°11'52" - 7°21'28" Lintang Selatan dan 107°45'31" - 107°40'24" Bujur Timur (Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Barat, 2016). Peta pada gambar 2.2 memperlihatkan batas administratif dan zona konservasi Gunung Papandayan, di mana area berwarna biru menunjukkan wilayah inti kawasan Cagar Alam dan Taman Wisata Alam Gunung Papandayan, sedangkan warna hijau menandai kawasan hutan di sekitarnya sebagai zona penyangga, dan warna putih menggambarkan wilayah permukiman serta batas administratif desa di sekitar area konservasi.



Gambar 2.2 Peta Wilayah Cagar Alam dan Taman Wisata Alam Gunung Papandayan (biru)

Sumber: Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam (2016)

Gunung Papandayan merupakan habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna yang beragam. Dari segi vegetasi, kawasan ini didominasi oleh beberapa spesies tumbuhan, antara lain Suagi (*Vaccinium varingifolium*), Edelweiss (*Anaphalis* spp.), Puspa (*Schima walichii*), Kiputri (*Podocarpus neripolius*), Kondang (*Ficus variegata*), Tunggeureuk (*Castanopsis tunggurut*), Saninten (*Castanopsis argentea*), Pasang (*Quercus platycarpa*), Kihujan (*Engelhardia spicata*), Jamuju (*Podocarpus imbricatus*), dan Manglid (*Magnolia* sp.) (Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Barat, 2016).

Sementara itu, fauna yang ditemukan di kawasan ini mencakup berbagai jenis mamalia, burung, dan reptil. Beberapa di antaranya adalah Macan Tutul (*Panthera pardus*), Bajing (*Callosciurus notatus*), Kijang (*Muntiacus muntjak*), Monyet Ekor Panjang (*Macaca fascicularis*), Lutung (*Trachypithecus auratus*), serta Surili (*Presbytis comata*). Selain itu, kawasan ini juga menjadi habitat bagi beberapa spesies burung, seperti Elang Ruyuk (*Spilornis cheela*) dan Burung Tulung Tumpuk (*Megalaima javanensis*). Hewan nokturnal seperti Kukang (*Nycticebus coucang*), serta reptil seperti Ular Sanca (*Python reticulatus*) dan Trenggiling (*Manis javanica*), juga dapat ditemukan di ekosistem Gunung Papandayan (Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Barat, 2016).

2.1.2 Edelweiss (*Anaphalis* spp.)

Kata Edelweiss berasal dari bahasa Jerman “*edel*” yang berarti mulia, dan “*weis*” yang berarti putih. Edelweiss banyak ditemukan di daerah zona *alpine* dengan ketinggian 1600-3600 meter di atas permukaan laut dengan suhu 5°C sampai 25°C. Edelweiss termasuk ke dalam famili *Asteraceae* dan kini secara taksonomi diklasifikasikan dalam genus *Anaphalis*. Tumbuhan ini dikenal sebagai bunga abadi karena bunganya dapat bertahan lama dan tidak mudah rusak meskipun telah dipetik (Steenis, 1978).

Menurut Barbour (1987) dalam bukunya menyebutkan, Edelweiss merupakan tumbuhan pelopor bagi tanah vulkanik di hutan pegunungan dan mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya di atas tanah yang tandus. Hal ini didukung karena Edelweiss mampu membentuk mikoriza dengan jamur tanah tertentu yang secara efektif memperluas kawasan yang dijangkau oleh akar-akarnya dan meningkatkan efisiensi dalam mencari zat hara. Tumbuhan ini penyebarannya bervariasi, akan tetapi lebih sering dijumpai di daerah berbatu dengan ketinggian 2.000-2.900 meter di atas permukaan laut.

Tanaman Edelweiss dalam ukuran dewasa memiliki tinggi mencapai delapan meter dalam ukuran dewasa, tapi pada umumnya hanya mencapai tinggi kurang dari satu meter. Bunga Edelweiss berwarna putih. Tangkai bunga Edelweiss dapat tumbuh dari ukuran 3-20 cm menjadi 40 cm. masing-masing bunga terdiri dari 5-6 kepala bunga kuning kecil (5mm), dikelilingi oleh daun-daun muda

menjadi bentuk bintang. Bunga-bunganya akan berkembang di antara bulan April dan Agustus (Steenis, 1978).

Daun Edelweiss berbentuk tombak. Dalam keadaan segar, warna daun Edelweiss hijau abu-abu muda, dan dalam keadaan kering warnanya menjadi gelap karena mesofil terdegradasi warnanya. Bentuk daun linier (panjangnya sama dengan sepuluh kali lebarnya), lancip, mempunyai bulu-bulu putih seperti wol, panjang daun 4-6 cm dan lebarnya 0,5cm (Steenis, 1978). Batang Edelweiss ditutupi oleh kulit batang yang kasar dan bercelah yang dapat menyimpan air. Ranting-ranting Edelweiss mendukung daun-daun yang berwarna keabu-abuan. Tumbuhan ini tidak beracun, bahkan sering dipakai dalam pengobatan tradisional untuk mengobati sakit perut dan sakit pada pernafasan (Steenis, 1978).

2.1.3 Jenis-Jenis Edelweiss (*Anaphalis* spp.) di Pulau Jawa

Menurut Backer & Brink (1968), Edelweiss (*Anaphalis* spp.) yang ditemukan di Pulau Jawa dapat diklasifikasikan ke dalam tiga jenis utama, yaitu *Anaphalis javanica*, *Anaphalis viscida*, *Anaphalis longifolia*.

2.1.3.1 Edelweiss Jawa (*Anaphalis javanica*)

Edelweiss Jawa (*Anaphalis javanica*) merupakan tumbuhan berbunga dari famili *Asteraceae* sering disebut sebagai “bunga abadi”. Tumbuhan ini bersifat endemik di zona *alpine* atau montana dan dapat ditemukan diberbagai pegunungan tinggi di Nusantara. Dalam keadaan kering bunganya tahan lama dan menimbulkan bau yang khas (Aliadi, Zuhud, & Djamhuri, 1990).



Gambar 2.3 *Anaphalis javanica*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Edelweiss jawa atau *Anaphalis javanica* (gambar 2.3) termasuk ke dalam marga *Anaphalis*, mempunyai bunga yang berkembang di atas dasar bunga yang rata dan berwarna keemasan. Kepala-kepala sari membentuk tabung yang mengumpul menjadi satu dalam satu wadah (Van Leeuwen, 1933). Daunnya tunggal dengan bentuk memanjang atau melanset serta menjorong. Bagian permukaan atas dan bawah daun tertutup oleh rambut tebal menyerupai wol. Saat masih segar, daun berwarna hijau keabu-abuan muda, sedangkan setelah mengering warnanya menjadi lebih gelap akibat degradasi mesofil (Steenis, 1978).

Tanaman ini tumbuh dalam bentuk semak bercabang banyak dengan ketinggian yang bisa mencapai 4 meter serta diameter batang sebesar pergelangan tangan. Edelweiss Jawa umumnya tumbuh berkelompok di tanah yang kurang subur serta berkembang di lereng bukit atau daerah datar dengan topografi terbuka. Spesies ini sering ditemukan di batas antara hutan dan daerah terbuka karena kebutuhan utamanya adalah cahaya matahari (Steenis, 1978).

Berdasarkan karakteristik tersebut, Edelweiss Jawa (*Anaphalis javanica*) diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Edelweiss Jawa (*Anaphalis javanica*)

Tingkatan Takson	Keterangan
Kerajaan	Plantae
Filum	Tracheophyta
Kelas	Magnoliopsida
Ordo	Asterales
Suku	Asteraceae
Marga	<i>Anaphalis</i>
Spesies	<i>Anaphalis javanica</i>

Sumber: GBIF Secretariat (2023a)

2.1.3.2 *Anaphalis viscida*

Anaphalis viscida atau yang biasa disebut Senduro atau Sinduro, Senduro merupakan tumbuhan istimewa yang tidak harum. Nama lokal tanaman ini di daerah Sumatra adalah Semblago, sedangkan di daerah gunung papandayan disebut dengan Widodaren (Steenis, 2006). *Anaphalis viscida* sering ditemukan mengelompok pada lahan subur bahkan tidak subur, dan terbuka, biasanya ditemukan pada lereng-lereng berpasir dan berbatu, bahkan dapat ditemukan di kawah-kawah yang masih aktif dan sudah mati. Masa berbunga *Anaphalis viscida* kebanyakan pada bulan April hingga Agustus (Steenis, 2006)

Anaphalis viscida seperti pada gambar 2.4 merupakan perdu, bercabang lebat, sering bengkok-bengkok, serta tinggi hingga 4 meter, dan jarang mencapai 8 meter, ukuran batang kurang lebih sebesar pergelangan tangan. Ranting-ranting berdaun kering putih kelabu, merunduk, pada ujung atasnya terdapat daun-daun sempit yang mengumpul dan bonggol-bonggol bunga putih melimpah, tempat bunga cakram berwarna kuning. Daun tidak berbulu ataupun berkelenjar, sehingga tidak lengket (Backer & Brink, 1968).



Gambar 2.4 *Anaphalis viscida*

Sumber: Catalogue of Life (2012)

Anaphalis viscida umumnya tumbuh berkelompok di lahan subur maupun kurang subur, terutama di area terbuka. Tanaman ini sering dijumpai di lereng-lereng berpasir atau berbatu, bahkan mampu berkembang di kawasan kawah yang masih aktif maupun yang sudah tidak aktif. Spesies ini dapat ditemukan diberbagai pegunungan di Pulau Jawa pada ketinggian antara 2300 hingga 3600 meter di atas permukaan laut (Steenis, 2006).

Berdasarkan karakteristik tersebut, *Anaphalis viscida* diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi *Anaphalis viscida*

Tingkatan Takson	Keterangan
Kerajaan	Plantae
Filum	Tracheophyta
Kelas	Magnoliopsida
Ordo	Asterales
Suku	Asteraceae
Marga	<i>Anaphalis</i>
Spesies	<i>Anaphalis viscida</i>

Sumber: GBIF Secretariat (2023b)

2.1.3.3 *Anaphalis longifolia*

Anaphalis longifolia merupakan herba tumbuh tegak bercabang, kadang-kadang pangkalnya agak berkayu, tinggi hingga 1,5 m, dan panjang daun 3-16 cm dengan lebar 2-18 mm dengan bagian pangkal daun yang menyempit. Pada batang dan permukaan bawah daun berwarna putih, jarang berwarna kekuningan seperti wol, permukaan atas berwarna hijau. Seperti gambar 2.5 Sebagian besar mempunyai bonggol dengan bunga pita betina dan mempunyai bunga cakram biseksual yang relatif sedikit (Backer & Brink, 1968).



Gambar 2.5 *Anaphalis longifolia*

Sumber: iNaturalist contributors (2025)

Anaphalis longifolia merupakan objek yang menarik oleh pendaki, karena Edelweiss jenis ini merupakan Edelweiss yang mempunyai keistimewaan dapat bertahan lama atau tidak berubah pada kondisi kering dengan suhu kamar, berbeda dengan *Anaphalis viscida* yang tidak mampu bertahan lama, karena bagian-bagian bunga akan mengalami kerontokan pada benang sarinya. *Anaphalis longifolia*

sering kali berfungsi sebagai pionir pada lereng bebatuan pada ketinggian 1200 – 2850 meter di atas permukaan laut, jarang dapat ditemukan pada ketinggian 800 meter di atas permukaan laut (Steenis, 2006)

Berdasarkan karakteristik tersebut, *Anaphalis longifolia* diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi *Anaphalis longifolia*

Tingkatan Takson	Keterangan
Kerajaan	Plantae
Filum	Tracheophyta
Kelas	Magnoliopsida
Ordo	Asterales
Suku	Asteraceae
Marga	<i>Anaphalis</i>
Spesies	<i>Anaphalis longifolia</i>

Sumber: GBIF Secretariat (2023c)

2.1.4 Karakter Ekologis Edelweiss (*Anaphalis* spp.)

Bunga Edelweiss sangat disukai oleh serangga, lebih dari 300 jenis serangga yang berasal dari ordo Hemiptera, Thysanoptera, Lepidoptera, Diptera, dan Hymenoptera ditemukan mengunjungi tanaman ini. Kulit batangnya yang bercelah dan memiliki kandungan air tinggi memungkinkan beberapa jenis lumut dan lichen, seperti *Cladonia calycantha* dan *Cetraria sunguinea*, untuk tumbuh dan berkembang. Selain itu, ranting Edelweiss sering dimanfaatkan oleh burung Murai (*Turdus* sp.) sebagai tempat bersarang (Aliadi et al., 1990). Akar tanaman ini yang muncul di permukaan tanah juga berperan penting dalam ekosistem, menjadi habitat bagi cendawan tertentu yang membentuk hubungan mikoriza. Dalam interaksi ini, cendawan memperoleh oksigen dan tempat hidup, sementara Edelweiss mendapatkan tambahan unsur hara yang mendukung pertumbuhannya (Van Leeuwen, 1933). Itulah sebabnya Edelweiss dapat hidup di tanah dengan unsur hara terbatas.

Edelweiss (*Anaphalis* spp.) merupakan Bunga yang hanya tumbuh di ketinggian 1600-3600 meter di atas permukaan laut dengan Cahaya matahari penuh.

Edelweiss merupakan spesies tumbuhan endemik. Di Indonesia banyak ditemukan di daerah pegunungan di Jawa, Sumatera Selatan, Sulawesi Selatan, dan Lombok (Steenis, 1978).

2.1.5 Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan adalah suatu keadaan saat hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan/atau hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan/atau nilai lingkungan (Kep.Menhut No. 195/Kpts-II/1986). Kebakaran hutan dan lahan di Indonesia merupakan fenomena yang sering terjadi terutama dimusim kemarau.

Menurut Adinugroho (2004), kebakaran adalah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan fenomena fisik yang dihasilkan oleh kombinasi aliran oksigen dengan bahan bakar, yang dicirikan dengan adanya panas, sinar dan api. Kebakaran hutan adalah suatu peristiwa kebakaran, baik alami maupun oleh perbuatan manusia, yang ditandai dengan penyalaran api dengan bebas serta mengonsumsi bahan bakar hutan yang dilaluinya.

Menurut Brown dan Davis (1973), Kebakaran hutan pada umumnya merupakan fenomena alam yang terjadi akibat reaksi cepat antara oksigen dan karbohidrat (sebagai bahan bakar hutan), yang ditandai dengan munculnya panas dan api. Peristiwa ini berlangsung di area terbuka, memungkinkan api menyebar dengan mudah dan membakar berbagai bahan bakar hutan seperti serasah, tumbuhan bawah, semak-semak, hingga pepohonan. Salah satu karakteristik utama kebakaran hutan adalah sifatnya yang tidak terkendali dan mampu meluas secara bebas.

Proses pembakaran merupakan kebalikan dari fotosintesis. Dalam fotosintesis, energi disimpan secara bertahap, sedangkan pada proses pembakaran, energi dilepaskan secara cepat. Panas yang dihasilkan selama pembakaran berfungsi sebagai katalisator yang memicu dan mempertahankan jalannya reaksi pembakaran tersebut (Brown & Davis, 1973).

Kebakaran hutan mengakibatkan kerusakan ekologis, menurunkan nilai estetika, merosotnya nilai ekonomi kehutanan dan produktivitas tanah, perubahan iklim mikro maupun global, menurunnya keanekaragaman hayati dan ekosistem.

Kebakaran hutan juga menyebabkan dampak negatif terhadap tanah berupa penurunan kualitas tanah, meliputi sifat fisik tanah, kimia tanah, biologi tanah, erosi, kapasitas menyimpan air tanah, penghilangan serasah serta humus, seluruhnya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan pohon selanjutnya di areal tersebut. Dampak kebakaran hutan terhadap sifat fisik dan kimia tanah tergantung tipe tanah, kandungan air tanah, intensitas, durasi waktu kebakaran, lama waktu dan intensitas timbulnya api (Chandler et al., 1983).

Dampak kebakaran terhadap sifat fisik tanah terutama memburuk dan terbukanya tajuk, humus, dan serasah ikut terbakar, struktur tanah memburuk dan akhirnya rentan terhadap erosi. Pengaruh kebakaran terhadap sifat fisik akan jelas terlihat dampak perubahan tekstur tanah, berat isi (*bulk density*), porositas dan permeabilitas (Murtinah et al., 2017).

Menurut Widyasari (2008). kebakaran hutan berdampak pada kesuburan tanah. Sifat fisik tanah berubah dengan rusaknya struktur tanah sehingga menurunkan infiltrasi dan perkolasi tanah. Kebakaran hutan terhadap fisik tanah akan mengakibatkan struktur tanah menjadi kolaps dan menyebabkan densitas tanah meningkat serta terjadi penurunan porositas tanah sehingga tanah menjadi lebih kompak, dimana porositas tanah normal umumnya berada pada kisaran 30-60.

2.1.6 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah merupakan karakteristik tanah yang berkaitan dengan tingkat kesuburannya dan berperan dalam mendukung pertumbuhan serta produktivitas tanaman. Oleh karena itu, sifat ini dijadikan indikator untuk mengidentifikasi tingkat degradasi tanah, terutama pada lahan kering. Kondisi fisik tanah memiliki peranan penting karena dapat diamati secara langsung dengan mata telanjang (Asril et al., 2022).

Menurut Puspitorini (2024), sifat fisik tanah memiliki peran penting dalam menentukan ketersediaan air, udara, dan unsur hara bagi tanaman. Faktor ini juga berpengaruh terhadap kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas secara optimal. Tingkat kemudahan tanah untuk ditembus dipengaruhi oleh ruang pori-pori yang terbentuk antara partikel tanah, yang bergantung pada tekstur dan struktur

tanah. Sementara itu, kestabilan ukuran pori-pori tersebut dipengaruhi oleh konsistensi tanah dalam menghadapi tekanan eksternal.

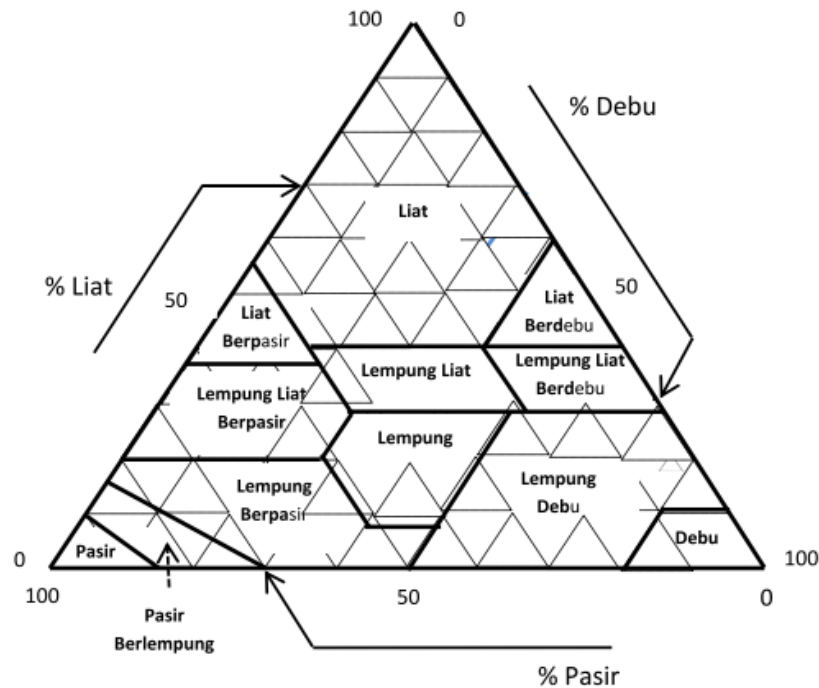
Menurut Salam (2020), menyatunya partikel-partikel tanah dengan berbagai ukuran merupakan proses membentuk agregat tanah yang memiliki hubungan erat dengan sifat dan proses fisik dalam tanah. Beberapa sifat fisik tanah yang berperan dalam pembentukan agregat meliputi tekstur tanah, struktur tanah, pori-pori tanah, porositas, kerapatan isi dan kerapatan partikel tanah, kadar air, warna tanah, serta temperatur tanah.

Ada beberapa hal yang dapat diperhatikan dari sifat fisik utama tanah, yaitu:

2.1.6.1 Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif persentase fraksi pasir (sand) yang berdiameter 2,00 mm – 0,20 mm atau 2000 μm – 200 μm , debu (silt) dengan diameter 0,20 mm – 0,002 mm atau 200 μm – 2 μm , dan liat (clay) < 2 μm di dalam sistem tanah, yang juga menggambarkan tingkat kekasaran atau kehalusan suatu jenis tanah. (Asril et al., 2022; Salam, 2020). Partikel berukuran lebih besar 2 mm seperti kerikil dan bebatuan kecil tidak tergolongn sebagai fraksi tanah, tetapi harus diperhitungkan dalam evaluasi tekstur tanah (Asril et al., 2022).

Penentuan kelas tekstur tanah dapat ditetapkan di laboratorium dengan menggunakan hydrometer atau di lapangan secara langsung. Pengukuran di laboratorium akan memunculkan angka persentase pasir, debu, dan liat. Angka-angka ini kemudian digunakan untuk menetapkan kelas tekstur tanah dengan menggunakan segitiga tekstur (Salam, 2020).



Gambar 2.6 Segitiga tekstur untuk menentukan kelas tekstur tanah.

Sumber: Salam (2020)

Segitiga tekstur merupakan diagram yang digunakan untuk menentukan tekstur tanah (Salam, 2020). Diagram seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 merupakan diagram berbentuk segitiga sama sisi, di mana ketiga sisinya masing-masing merepresentasikan fraksi tanah berupa pasir, debu, dan liat. Setiap sisi memiliki skala pengukuran dari 0 hingga 100% untuk menunjukkan proporsi masing-masing fraksi tanah.. Di dalam segitiga tersebut terdapat garis-garis pemisah yang membagi area menjadi beberapa kelas tekstur tanah. Secara keseluruhan, segitiga tekstur ini mengelompokkan tanah ke dalam 12 jenis kelas tekstur yang berbeda.

Tabel 2.4 Kelas tekstur tanah

No.	Kelas Tekstur
1	Liat (<i>Clay</i>)

No.	Kelas Tekstur
2	Liat berdebu (<i>Silty Clay</i>)
3	Liat berpasir (<i>Sandy Clay</i>)
4	Debu (<i>Silt</i>)
5	Pasir (<i>Sand</i>)
6	Pasir berlempung (<i>Loamy Sand</i>)
7	Lempung (<i>Loam</i>)
8	Lempung liat (<i>Clay Loam</i>)
9	Lempung liat berdebu (<i>Silty Clay Loam</i>)
10	Lempung liat berpasir (<i>Sandy Clay Loam</i>)
11	Lempung debu (<i>Silt Loam</i>)
12	Lempung berpasir (<i>Sandy Loam</i>)

Sumber: Salam (2020)

2.1.6.2 Bobot Isi (*Bulk Density*)

Bulk density merupakan cara lain untuk menyatakan bobot tanah, dalam hal ini jumlah ruangan dalam tanah (ruang yang ditempati padatan, air, dan gas) turut diperhitungkan (Soepardi, 1983). Bobot isi adalah bobot kering suatu unit volume yang terisi bahan padat dan volume ruangan (ruang pori tanah) yang dinyatakan dalam g/cm^3 (Haridjaja, Sitorus, & Brata, 1983). Bobot isi tanah menunjukkan tingkat kepadatan suatu tanah (Buckman & Brady, 1982). Semakin tinggi bobot isinya, maka tanah tersebut akan semakin padat.

Menurut Hardjowigeno (2003), bobot isi merupakan petunjuk karapatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi bobot isinya, yang berarti makin sulit meneruskan air atau ditembus akar tanaman. Bobot isi penting untuk menghitung kebutuhan pupuk atau air untuk tiap-tiap hektar tanah, yang didasarkan pada berat tanah per hektar.

2.1.6.3 Berat Jenis (*Particle Density*)

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara massa tanah kering dengan volume yang ditempati oleh partikel padat tanah, tanpa memperhitungkan ruang pori. Definisi ini menggambarkan karakteristik tanah yang penting untuk mengetahui komposisi kimia dan mineralogi tanah, serta memberikan informasi

mengenai tekstur tanah dan kapasitas porositasnya. Faktor-faktor yang memengaruhi berat jenis tanah antara lain jenis mineral tanah, kandungan bahan organik, dan tekstur tanah. Tanah dengan tekstur kasar, seperti pasir, cenderung memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan tanah yang lebih halus, seperti lempung. Keberadaan bahan organik, seperti humus, dapat menurunkan berat jenis tanah karena meningkatkan ruang pori, yang menjadikan struktur tanah lebih gembur dan lebih mudah ditembus akar tanaman (Santos, Ribeiro, Pelegrino, Carneiro, & Silva, 2022).

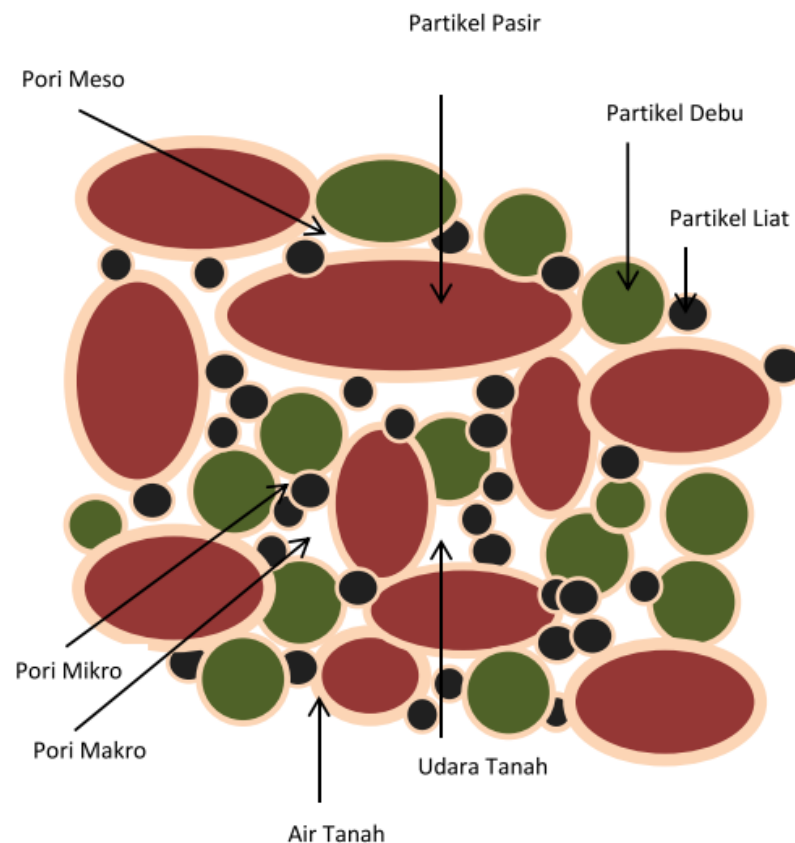
Teori mengenai berat jenis tanah berkaitan dengan peranannya dalam pengelolaan tanah untuk pertanian dan konservasi tanah. Tanah dengan berat jenis tinggi cenderung lebih padat, yang dapat menghambat pergerakan air dan pertumbuhan akar tanaman. Sebaliknya, tanah dengan berat jenis rendah memiliki struktur yang lebih longgar, yang meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air dan mendukung pertumbuhan tanaman. Pengukuran berat jenis tanah umumnya dilakukan dengan metode gravimetri atau menggunakan alat seperti pycnometer dan labu volumetri (Rahmawati Putri & Priyadarshini, 2023).

2.1.6.4 Porositas

Porositas atau pori tanah merupakan ruang kosong yang terbentuk di antara partikel pasir, debu, dan liat saat partikel-partikel tersebut bergabung membentuk agregat tanah (Salam, 2020). Porositas menunjukkan persentase total pori dalam tanah yang diisi oleh air dan udara jika dibandingkan dengan volume total tanah. Umumnya, pori-pori besar diisi oleh udara, sementara pori-pori kecil cenderung terisi oleh air. Besarnya porositas tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah ukuran butiran dan berat jenis tanah (Asril et al., 2022).

Pori tanah terdiri dari berbagai ukuran. Secara kualitatif, pori tanah dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu pori mikro, pori meso, dan pori makro seperti pada gambar 2.7. Dalam kondisi normal atau kapasitas lapang, air cenderung mengisi pori mikro dan Sebagian pori meso, sementara udara mengisi sisa pori meso dan pori makro. Saat tanah dalam kondisi basah, seperti setelah hujan, seluruh pori akan terisi air, mendorong udara keluar dari pori-pori tanah. Sebaliknya saat tanah kering, seluruh pori diisi oleh udara. Perubahan antara kandungan air dan udara di

dalam pori tanah bersifat dinamis dan sangat dipengaruhi oleh kondisi air tanah (Salam, 2020).



Gambar 2.7 Gambaran hipotetik pori tanah
Sumber: Salam (2020)

2.1.7 pH Tanah

pH tanah mencerminkan tingkat kemasaman atau kebasaaan tanah yang ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalamnya. Semakin tinggi konsentrasi ion H^+ , semakin masam sifat tanah tersebut. Selain ion H^+ , tanah juga mengandung ion hidroksida (OH^-) yang jumlahnya berbanding terbalik dengan ion H^+ . Pada tanah masam, konsentrasi ion H^+ lebih dominan dibandingkan ion OH^- , sedangkan pada tanah basa (alkalis), kandungan ion OH^- lebih tinggi daripada ion H^+ . Tanah dikatakan netral jika jumlah ion H^+ seimbang dengan ion OH^- (Hardjowigeno, 2003).

Nilai pH memiliki rentang antara 0 hingga 14, di mana pH 7 dianggap netral. Tanah dengan pH kurang dari 7 dikategorikan sebagai masam, sedangkan pH di

atas 7 disebut alkalis. Namun, pH tanah umumnya berada dalam kisaran 3,0 hingga 9,0. Di Indonesia, sebagian besar tanah memiliki sifat masam dengan pH berkisar antara 4,0 hingga 5,5. Oleh karena itu, tanah dengan pH 6,0 hingga 6,5 sering dianggap cukup netral, meskipun masih tergolong agak masam. Pada daerah rawa-rawa, sering dijumpai tanah yang sangat masam dengan pH di bawah 3,0 akibat tingginya kandungan asam sulfat, sehingga tanah ini diklasifikasikan sebagai tanah sangat masam (Asril et al., 2022).

Kemasaman tanah menjadi aspek penting karena pH tanah berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara serta berhubungan dengan proses pembentukan dan sifat-sifat tanah. Beberapa organisme memiliki toleransi yang rendah terhadap perubahan pH, sementara organisme lain mampu bertahan dalam rentang pH yang lebih luas. Penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi aktual ion H^+ dan OH^- tidak terlalu signifikan kecuali dalam kondisi lingkungan yang ekstrem. Yang lebih penting adalah kondisi lingkungan yang terkait dengan nilai pH tertentu (Foth, 1988).

2.1.8 Kerapatan/Densitas

Densitas atau kerapatan adalah besarnya populasi dalam suatu unit ruang yang pada umumnya dinyatakan sebagai jumlah individu-individu dalam setiap unit atau volume. Densitas bervariasi menurut waktu dan tempat. Pengaruh populasi terhadap komunitas atau ekosistem bergantung pada spesies organisme dan jumlah atau densitas populasinya, sehingga densitas menentukan pengaruh populasi terhadap komunitas atau ekosistem. Kepadatan populasi sering digunakan untuk mengetahui perubahan yang terjadi dalam populasi pada saat tertentu.

Menurut Indriyanto (2015), Densitas populasi sangat bervariasi menurut waktu dan tempat. Dalam studi mengenai kondisi suatu populasi, densitas populasi menjadi parameter utama yang harus diperhatikan. Pengaruh populasi terhadap komunitas atau ekosistem sangat ditentukan oleh jenis spesies serta jumlah atau kepadatan individunya. Dengan kata lain, densitas populasi berperan penting dalam menentukan dampak populasi terhadap komunitas atau ekosistem. Selain itu, densitas populasi juga digunakan untuk memantau perubahan dalam populasi pada

waktu tertentu, baik berupa peningkatan maupun penurunan jumlah individu dalam setiap satuan luas atau volume.

Menurut Gopal & Bhardwaj (1979), densitas populasi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu densitas kasar dan densitas spesifik:

1. Densitas kasar merupakan jumlah individu organisme yang dihitung berdasarkan seluruh luas wilayah yang diteliti pada waktu dan tempat tertentu.
2. Densitas spesifik menunjukkan jumlah individu organisme per satuan luas habitat atau ruang yang benar-benar digunakan oleh anggota populasi tersebut. Artinya, organisme dalam populasi mungkin hanya menghuni bagian wilayah tertentu yang memiliki kondisi mendukung untuk kelangsungan hidup tumbuhan maupun hewan, bukan seluruh area yang diteliti.

2.1.9 Distribusi

Individu-individu yang ada di dalam populasi mengalami persebaran di dalam habitatnya mengikuti salah satu di antara tiga pola penyebaran yang disebut pola distribusi intern. Menurut Odum (1993), tiga pola distribusi intern yang dimaksud antara lain; distribusi acak (*random*), distribusi seragam (*uniform*), dan distribusi bergerombol (*clumped*).

2.1.9.1 Distribusi Acak

Distribusi acak terjadi apabila kondisi lingkungan seragam, tidak ada kompetisi yang kuat antar individu anggota populasi dan masing-masing individu tidak memiliki kecenderungan untuk memisahkan

2.1.9.2 Distribusi Seragam

Distribusi seragam terjadi apabila kondisi lingkungan cukup seragam diseluruh area dan ada kompetisi yang kuat antar individu anggota populasi. Kompetisi yang kuat antar individu anggota mendorong terjadinya pembagian ruang yang sama. Contohnya, pada hutan yang lebat, maka pohon-pohon yang tinggi hampir mempunyai distribusi seragam. Pohon-pohon dominan di hutan jaraknya sangat teratur karena kompetisi yang sangat kuat untuk mendapatkan cahaya dan unsur hara (Odum, 1993).

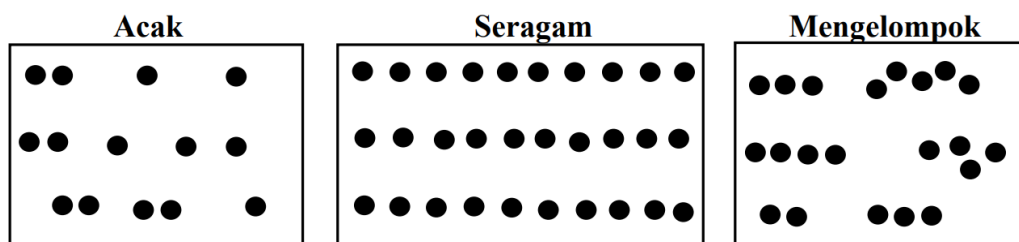
2.1.9.3 Distribusi Mengelompok

Distribusi mengelompok/bergerombol pada suatu populasi merupakan distribusi yang umum terjadi di alam, baik bagi tumbuhan maupun bagi binatang. Distribusi mengelompok terjadi karena berbagai sebab antara lain:

1. Kondisi lingkungan yang jarang seragam, meskipun pada area yang sempit. Perbedaan kondisi tanah dan iklim pada suatu area akan menghasilkan perbedaan dalam habitat yang penting bagi setiap organisme yang ada di dalamnya, karena suatu organisme akan ada pada suatu area yang faktor-faktor ekologinya tersedia dan sesuai bagi kehidupannya.
2. Pola reproduksi dari suatu individu-individu anggota populasi. Bagi tumbuhan yang bereproduksi secara vegetatis, juga bagi binatang yang masih muda menetap bersama dengan induknya merupakan suatu kekuatan yang mendorong terjadinya penggerombolan.

Distribusi mengelompok (gambar 2.8) tiap-tiap kelompok mempunyai kemungkinan tersebar secara acak seragam, ataupun secara berkumpul. Oleh karena itu, tipe distribusi secara keseluruhan dapat terjadi: secara acak, seragam, mengelompok secara acak, mengelompok seragam, dan mengelompok berkumpul (Odum, 1993). Selanjutnya Odum (1993) mengemukakan bahwa agregasi atau pengelompokan individu-individu organisme anggota populasi terjadi akibat beberapa hal, antara lain:

1. Menanggapi adanya perubahan cuaca harian atau musiman,
2. Menanggapi perbedaan kondisi habitat setempat.
3. Sebagai akibat dari proses reproduksi,
4. Sebagai akibat daya tarik sosial.



Gambar 2.8 Ilustrasi Pola Distribusi

Sumber: Indriyanto (2015)

2.1.10 Bahan Ajar Biologi

Bahan ajar merupakan kumpulan data, sumber daya, dan teks yang dirancang untuk mendukung penguasaan keterampilan siswa dalam proses pembelajaran biologi. Tujuan utama bahan ajar adalah untuk membantu perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran, mencakup fakta, konsep, prinsip, serta prosedur (Istiqomah, 2021). Sementara itu, menurut Abdias et al. (2019), bahan ajar adalah seperangkat pengetahuan, instrumen, dan teks yang diperlukan oleh guru untuk merancang dan mengevaluasi proses pembelajaran. Agar efektif, bahan ajar harus dirancang sesuai dengan kurikulum yang berlaku di sekolah dan disusun dengan materi yang relevan untuk mendukung proses pembelajaran. Selain itu, bahan ajar dikenal sebagai sumber belajar yang mudah diakses karena dilengkapi instruksi dan ilustrasi yang memudahkan siswa dalam membaca dan memahami informasi yang disajikan.

Menurut Magdalena et al. (2020), bahan ajar merupakan alat pembelajaran yang memuat perencanaan pembelajaran, termasuk materi dan model pembelajaran yang dirancang oleh guru untuk digunakan oleh siswa. Bahan ajar yang disusun harus menyajikan materi secara padat, jelas, dan sistematis agar memudahkan siswa dalam memahami isi pembelajaran. Sedangkan menurut Irawati & Saifuddin (2018) bahan ajar merupakan salah satu komponen utama dalam proses pembelajaran yang berperan penting dalam mendukung keberhasilan kegiatan belajar mengajar. Bahan ajar mencakup segala jenis materi yang digunakan sebagai alat bantu bagi guru atau instruktur dalam melaksanakan proses pembelajaran di kelas.

Bahan ajar berfungsi sebagai sumber belajar yang mendukung proses pembelajaran antara siswa dan guru, karena dalam penyusunannya mengikuti tahapan yang rinci, unik, dan spesifik sesuai dengan prinsip-prinsip pembelajaran yang berlaku (Anggraini, Yulianti, Faizah, & Belawati, 2022). Keunikan bahan ajar terletak pada penyesuaiannya dengan tingkatan atau kategori tertentu, memastikan materi relevan dengan kebutuhan siswa. Sementara itu, sifat spesifik bahan ajar mencerminkan kreativitas dan inovasi guru dalam merancang materi untuk mencapai tujuan pembelajaran pada tingkat yang ditentukan.

Selanjutnya Magdalena et al. (2020) menyebutkan bahwa, jenis bahan ajar berdasarkan bentuknya dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

1. Bahan ajar cetak yang disajikan dalam bentuk fisik seperti buku, modul, *handout*, lembar kerja siswa, brosur, leaflet, atau *wall chart* yang dapat dibaca secara langsung oleh peserta didik.
2. Bahan ajar dengar (*audio*) adalah media pembelajaran yang memanfaatkan suara untuk menyampaikan materi, seperti rekaman audio, podcast, atau CD pembelajaran, yang memungkinkan siswa memahami materi melalui pendengarannya.
3. Bahan ajar pandang dengar (*audio visual*), merupakan segala sesuatu yang memungkinkan sinyal radio dapat dipadukan dengan gambar bergerak sekuensial, seperti video, CD, dan film.
4. Bahan ajar interaktif (*interactive teaching materials*), kombinasi antara media suara dan gambar bergerak seperti video pembelajaran, animasi, film edukasi, atau presentasi interaktif yang memungkinkan siswa memahami materi melalui gabungan unsur audio dan visual.

Hasil penelitian ini akan diintegrasikan ke dalam bahan ajar biologi, khususnya dalam bentuk video pembelajaran. Dengan mengangkat studi kasus nyata di Tegal Alun, bahan ajar yang dikembangkan akan lebih relevan dan mampu meningkatkan kesadaran konservasi di kalangan pelajar.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Amalia et al., 2019), tentang *Comparing the Javanese Edelweiss (Anaphalis javanica) Density in Tegal Alun, Tegal Bungbrun and Pondok Saladah of Mount Papandayan*, penelitian ini menemukan bahwa kerapatan Edelweiss Jawa di Tegal Alun, Tegal Bungbrun dan Pondok Saladah berbeda. Dengan nilai kerapatannya adalah 2275,7 pohon per hektar di Tegal Alun, 946,7 pohon per hektar di Tegal Bungbrun, dan 366 pohon per hektar di Pondok Saladah.

Kemudian berdasarkan hasil penelitian Utomo & Heddy (2018), tentang Etnobotani Edelweiss (*Anaphalis* spp.) di Desa Ngadas, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru, analisis menggunakan Indeks Morisita menunjukkan pola

persebaran serta dominasi beberapa spesies Edelweiss, yaitu *Anaphalis javanica*, *Anaphalis longifolia*, dan *Anaphalis viscida*. Dari empat transek yang diteliti, *Anaphalis javanica* dan *Anaphalis longifolia* memiliki pola distribusi yang mengelompok dan saling berdampingan. Hal ini disebabkan oleh kesamaan habitat yang mendukung pertumbuhan kedua spesies tersebut. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *Anaphalis longifolia* memiliki tingkat dominasi yang tinggi di hampir seluruh transek, sementara *Anaphalis viscida* tidak ditemukan di keempat transek yang diamati.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Amalia et al. (2019) memperkuat temuan tersebut dengan menyoroti dampak kebakaran hutan dan pemetikan ilegal terhadap habitat *Anaphalis* spp. Studi ini mengungkap bahwa karakteristik tanah di wilayah tersebut umumnya berupa tanah bertekstur lempung dengan kandungan bahan organik yang rendah akibat aktivitas vulkanik. Selain itu, habitat Edelweiss mengalami invasi oleh beberapa spesies tumbuhan lain, seperti *Agrotis* sp., *Imperata cylindrica*, *Pteridium* sp., *Alchemilla* sp., *Eupatorium* sp., dan *Leucaena* sp., yang berpotensi memengaruhi keberlangsungan populasi Edelweiss di kawasan tersebut.

2.3 Kerangka Konseptual

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, termasuk keanekaragaman flora yang mencapai sekitar 20.000 spesies, di mana 40% di antaranya merupakan tumbuhan endemik. Salah satu tumbuhan endemik yang dilindungi adalah bunga Edelweiss (*Anaphalis* spp.), yang tumbuh di pegunungan dengan ketinggian 1.600-3.600 mdpl dan suhu antara 5°C hingga 25°C. Salah satu lokasi persebarannya adalah di Gunung Papandayan, Jawa Barat.

Gunung Papandayan merupakan gunung berapi stratovolcano dengan topografi curam, terdiri dari perbukitan, pegunungan, dan tebing terjal. Daerah ini memiliki iklim tipe B dengan curah hujan rata-rata 3.000 mm per tahun, kelembaban udara 70-80%, dan suhu sekitar 10°C. Gunung ini terletak di Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut, sekitar 20 km dari Kota Garut dan 70 km dari Kota Bandung, dengan ketinggian 2.665 mdpl. Secara administratif, kawasan ini dikelola oleh Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) dan telah

ditetapkan sebagai Cagar Alam seluas 6.807 hektar serta Taman Wisata Alam seluas 225 hektar.

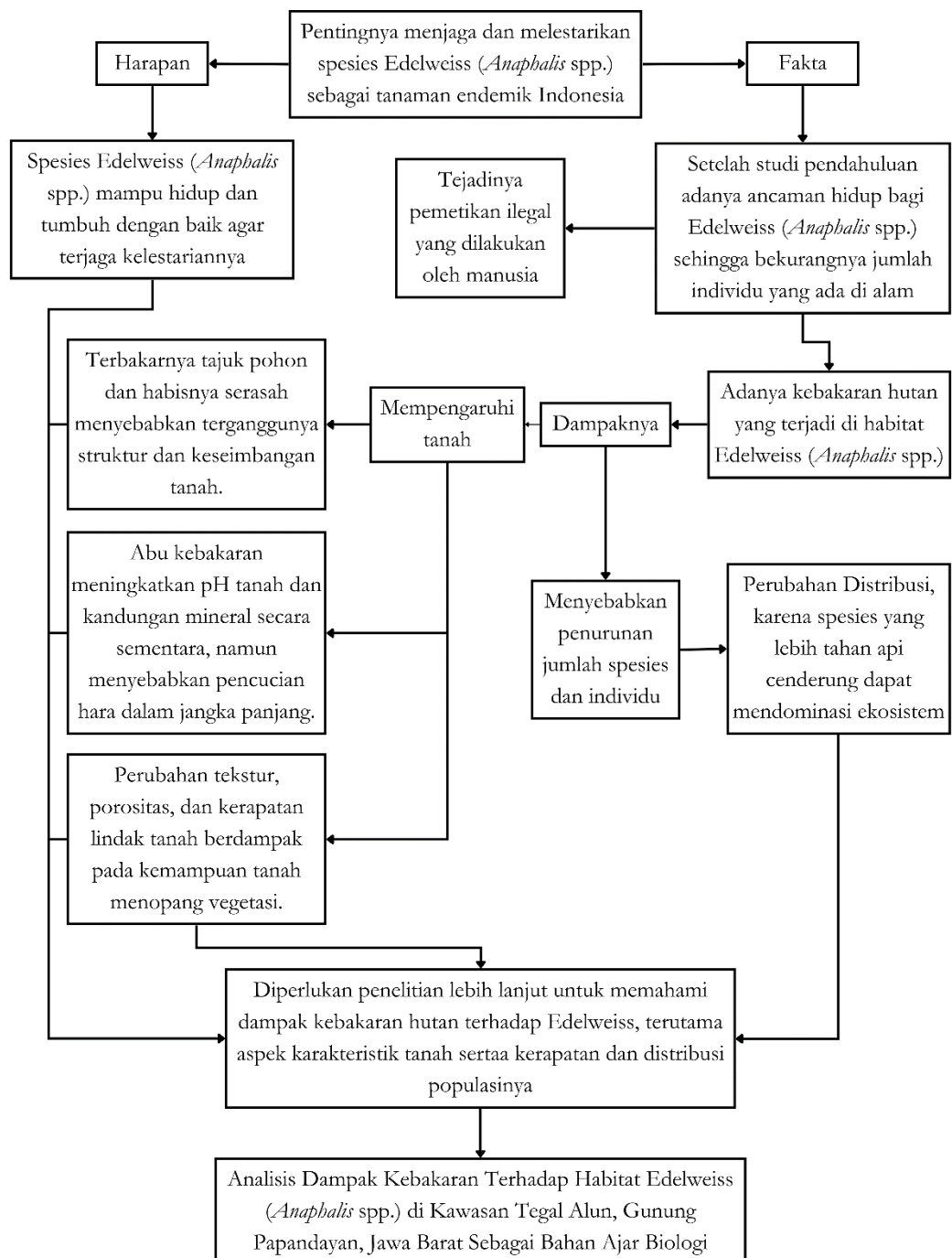
Keberadaan Edelweiss semakin terancam akibat berbagai gangguan habitat, terutama pemetikan ilegal dan kebakaran hutan. Pemetikan liar sering terjadi akibat ulah wisatawan yang tidak bertanggung jawab, sedangkan kebakaran hutan memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap populasi flora dan fauna. Selain menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati, kebakaran juga mengurangi estetika lanskap, menurunkan produktivitas tanah, dan berkontribusi pada perubahan iklim.

Dampak kebakaran terhadap tanah mencakup perubahan sifat fisik dan kimia. Hilangnya tajuk dan terbakar habisnya humus serta serasah mengakibatkan struktur tanah memburuk dan meningkatkan risiko erosi. Kebakaran juga menyebabkan perubahan pada tekstur tanah, berat isi, berat jenis, porositas, serta permeabilitas. Dari segi sifat kimia, kandungan mineral dari abu sementara dapat meningkatkan pH tanah dan unsur hara, tetapi dalam jangka panjang kesuburan tanah menurun akibat pencucian hara yang lebih intensif.

Selain itu, kebakaran hutan mempengaruhi kepadatan dan distribusi spesies di area terdampak. Banyak tumbuhan yang mati akibat api, menyebabkan penurunan jumlah spesies dan individu. Kepadatan pohon dan semak juga berkurang drastis, terutama di daerah yang sering mengalami kebakaran. Tanaman yang tidak mampu beradaptasi dengan kondisi pasca-kebakaran cenderung hilang, sementara spesies yang lebih tahan api berpotensi mendominasi ekosistem yang terbentuk setelahnya.

Perubahan ekosistem akibat kebakaran di kawasan Tegal Alun, Gunung Papandayan, dapat mengancam keberlanjutan habitat Edelweiss dalam jangka panjang. Gangguan terhadap struktur tanah, hilangnya vegetasi, serta perubahan komposisi spesies dapat menghambat regenerasi alami Edelweiss, mengingat siklus hidupnya yang panjang dan pertumbuhannya yang lambat. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami dampak kebakaran terhadap habitat Edelweiss, terutama dalam aspek karakteristik tanah serta kepadatan dan distribusi populasinya. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan wawasan

ilmiah tentang dampak kebakaran terhadap ekosistem pegunungan dan menjadi dasar dalam upaya konservasi serta rehabilitasi habitat Edelweiss. Selain itu, penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar biologi untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya menjaga ekosistem gunung demi kelestarian lingkungan dan kehidupan manusia.



Gambar 2.9 Bagan Kerangka Konseptual

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2.4 Pertanyaan Penelitian

Terdapat beberapa pertanyaan penelitian yang diajukan. Peneliti menguraikan pertanyaan terkait dengan penelitian yang dilakukan. Adapun pertanyaan yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan sifat fisik tanah pada area terdampak kebakaran dibandingkan dengan area tidak terdampak di habitat Edelweiss (*Anaphalis* spp.) di Kawasan Tegal Alun, Gunung Papandayan?
2. Bagaimana tingkat kerapatan populasi Edelweiss (*Anaphalis* spp.) pada area terdampak dan tidak terdampak kebakaran di Kawasan Tegal Alun, Gunung Papandayan?
3. Bagaimana pola distribusi spasial populasi Edelweiss (*Anaphalis* spp.) pada area terdampak dan tidak terdampak kebakaran di Kawasan Tegal Alun, Gunung Papandayan?
4. Bagaimana hasil penelitian mengenai perubahan kondisi habitat Edelweiss (*Anaphalis* spp.) akibat kebakaran dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar biologi?