

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Makna Inventarisasi

Istilah inventarisasi bersumber dari kata inventarium yang memiliki makna daftar barang, bahan, dan lain-lain (Harefa et al., 2023). Inventarisasi tumbuhan merupakan suatu proses pengumpulan dan pencatatan data atau mendokumentasikan mengenai jenis-jenis tumbuhan yang ada pada suatu wilayah atau lokasi tertentu. Inventarisasi tumbuhan juga merupakan bagian penting dari studi biologi tumbuhan, yang bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan karakteristik tumbuhan yang ada di wilayah tersebut (Cahya et al., 2023). Selain itu, kegiatan inventarisasi juga memiliki peran penting dalam kajian konservasi tumbuhan.

Dalam melakukan inventarisasi tumbuhan, beberapa metode dapat digunakan, diantaranya survei lapangan, pencatatan observasi, analisis menggunakan teknologi informasi, serta pendekatan partisipatif dengan melibatkan masyarakat lokal dan pihak-pihak terkait. Namun metode yang paling umum digunakan dalam melakukan inventarisasi tumbuhan melalui metode penelitian deskriptif - eksploratif (Pramita et al., 2013). Hasil inventarisasi ini diolah dan dianalisis secara sistematis, *untuk digunakan sebagai literatur pendukung pengenalan jenis-jenis organisme*. Laporan inventarisasi tumbuhan akan mencakup inventarisasi spesies tumbuhan secara rinci, termasuk nama ilmiah, nama umum, dan informasi biologis yang relevan. Antara lain mencakup peta, foto, dan data tambahan lainnya untuk meningkatkan pemahaman dan kegunaan temuan inventarisasi. Proses dalam melakukan inventarisasi tumbuhan meliputi identifikasi spesies, pengumpulan data, pencatatan lokasi, dan analisis dan interpretasi data (Cahya et al., 2023).

Secara keseluruhan, inventarisasi tumbuhan yang dilakukan di bidang biologi berfungsi sebagai alat penting untuk menilai dan memantau keanekaragaman tumbuhan di suatu wilayah tertentu. Hasil dari mengumpulkan data komprehensif tentang spesies tumbuhan, para peneliti dapat berkontribusi terhadap konservasi dan pengelolaan berkelanjutan, serta memberikan wawasan berharga mengenai fungsi ekologis ekosistem yang mereka tinggali.

2.2 Pengertian *Lichenes*

Lichenes atau disebut juga lumut kerak adalah organisme yang terdiri dari hubungan mutualistik antara alga dan jamur istilah lainnya *Lichenes* merupakan simbiosis kuno jamur dengan alga (Fang et al., 2020). Hubungan mutualistik ini terjadi ketika alga dan jamur saling menguntungkan satu sama lain. Menurut (Supriati et al., 2021) Jamur dalam liken disebut sebagai mikobiont, sementara alga atau sianobakteri disebut sebagai fotobiont. Hubungan mutualisme ini terjadi ketika mikobiont memberikan perlindungan dan sumber makanan untuk fotobiont, sedangkan fotobiont memberikan sumber makanan berupa karbohidrat hasil fotosintesis kepada mikobiont.

Salah satu ciri khas lumut kerak adalah laju pertumbuhan *thallus* yang lambat, dengan pertumbuhan selama 1 tahun tidak lebih dari 1 cm (Ulfa et al., 2023). Mereka dikenal karena umurnya yang panjang, dengan beberapa lumut yang hidup hingga ratusan atau bahkan ribuan tahun. *Lichenes* merupakan organisme pertama disusul paku-pakuan yang menetap di habitat baru, dan kehadiran mereka membantu menciptakan lingkungan yang cocok bagi tumbuhan dan hewan lain untuk berkembang dikarenakan ketersediaan mulsa sebagai nutrisi (Puspita et al., 2020). Sebagai tempat tumbuh, lumut kerak dapat menempel pada berbagai jenis substrat. Terdapat 3 jenis lumut kerak, meliputi : *Saxicolous* (yang dapat hidup pada substrat batu), *Corticolous* adalah (hidup pada bagian kulit pohon) serta dan *Terricolous* (hidup pada permukaan tanah) (Warzatullisna et al., 2023)

Kehadiran atau ketiadaan *Lichenes* dapat memberikan petunjuk tentang tingkat polusi, kelembaban udara, dan keasaman lingkungan. *Lichenes* juga berperan sebagai penyusun tanah di daerah yang tidak subur, mereka membantu memecah batuan dan memperkaya tanah dengan nutrisi. Hampir semua tingkatan tumbuhan mulai dari alga, lumut, lumut kerak (*Lichenes*) bermanfaat bagi makhluk hidup sekitarnya. Beberapa spesies *Lichenes* juga dapat memberikan makanan bagi hewan seperti keong (Ferdian et al., 2020). Namun, tidak semua *Lichenes* memiliki manfaat yang sama. Beberapa spesies *Lichenes* menghasilkan senyawa toksik yang dapat membahayakan manusia dan hewan jika dikonsumsi.

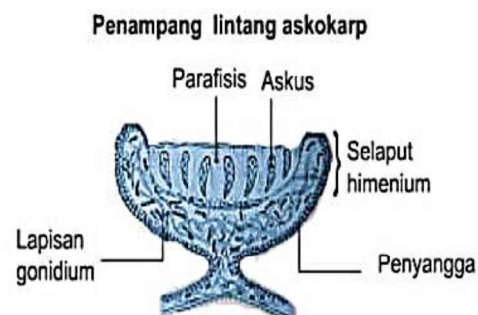
2.3 Kajian *Lichenes*

2.3.1 Karakteristik *Lichenes*

Pada habitat karakteristik lingkungan, lichenes dapat ditemukan di berbagai lingkungan seperti hutan, padang rumput, gurun, pegunungan, dan terkadang ditemukan pada daerah yang tercemar oleh polusi udara. Mereka dapat hidup di hamparan batu, kulit pohon, tanah, atau permukaan substrat lainnya (Anwari & Susi Sutjihati, 2021). Keberagaman lingkungan tempat lichenes hidup menunjukkan ketahanan mereka dan kemampuan untuk beradaptasi dengan kondisi yang berbeda. Kehadiran spesies tumbuhan menjadi salah satu pendukung faktor biotik yang memfasilitasi pertumbuhan *Lichenes*, dan dibantu faktor abiotik seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya untuk fotosintesis tumbuhan (Nuryani et al., 2023).

Karakteristik *Lichenes* secara umum adalah kemampuannya untuk bersimbiosis dengan organisme lain dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan. Kehidupan mereka bersifat mutualisme, di mana kedua mitra saling menguntungkan satu sama lain. Fungi memberikan perlindungan dan nutrisi bagi alga, sementara alga menyediakan zat organik yang dihasilkan melalui fotosintesis. Organisme jamur dikenal sebagai *mycobiont* sedangkan organisme fotosintesis dikenal sebagai *photobiont* (Anwari & Susi Sutjihati, 2021).

Secara ciri-ciri, *Lichenes* memiliki struktur tubuh yang unik. Bentuknya dapat beragam, ada yang berupa lempeng, kerak, daun, atau berbentuk tirai dengan berbagai warna, seperti hijau, kuning, cokelat, atau merah. Morfologi lumut kerak tersaji pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Morfologi Lichen

(Sumber Nasution, et.al., 2022)

Tubuh *Lichenes* terdiri dari sebuah bagian yang disebut talus, yang biasanya terdiri dari alga hijau berperan untuk melakukan fotosintesis, dan jaringan jamur yang membentuk hebel yang melindungi. *Lichenes* dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan morfologi *thallus*nya meliputi *crustose*, *foliose* dan *fruticose* (Susilawati, 2017). Tipe *thallus crustose* memiliki ciri mirip kerak yang sangat melekat di substrat. *Thallus* ini termasuk jenis yang kerap ditemukan pada sejumlah substrat karena kemampuan adaptasinya (Kamaluddin et al., 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Susilawati, 2017) tipe *thallus foliose* memiliki ciri bentuk cenderung bulat atau seperti daun berlipat dan mengkerut mirip lembaran daun. Tipe *thallus fruticose* tergolong rumit karena memiliki cabang yang bengkok dan kusut dan terlihat seperti cabang silindris atau pita (Nuryani et al., 2023).

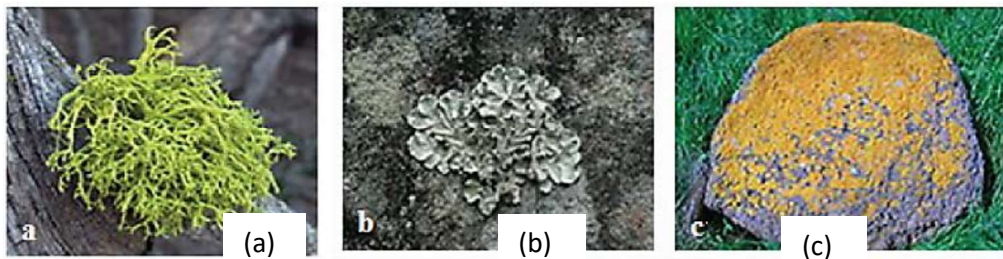
Struktur tubuh terdiri dari benang-benang jamur yang disebut hifa dan sel-sel alga yang terjebak dalam hifa. Hifa membentuk lapisan pelindung di sekitar alga, yang memberi perlindungan dari kekeringan dan suhu ekstrem. Selain itu, lichenes juga dapat menghasilkan pigmen seperti karotenoid dan fenolik yang memberikan warna khas pada tubuh mereka.

Lichenes memiliki beragam ciri sejarah kehidupan lainnya, termasuk substrat untuk pembentukan dan pertumbuhan, bentuk pertumbuhan, dan jenis fotobiont. *Lichenes* tumbuh pada banyak sekali substrat inert, misalnya pada kulit pohon hidup, kayu yang membusuk (yaitu lignum, tidak berasosiasi dengan pohon hidup), batu, tanah, dan dedaunan. Sebagian besar spesies tumbuh secara dominan pada satu jenis substrat atau subdivisi di dalamnya (misalnya batuan berkapur, kulit kayu jenis konifera, kulit kayu keras atau tanah masam (Manzitto- et al., 2022) . *Lichenes* memiliki peranan sebagai perintis di lingkungan yang cukup ekstrim (Kamaluddin et

al., 2022). Di alam, *Lichenes* juga berperan sebagai pengurai dengan membantu menjaga kestabilan nutrisi organik yang diperlukan untuk perkembangan tumbuhan. Tanpa adanya pengurai Ca, N dan nutrisi lainnya akan menumpuk pada sampah organik hingga bangkai (Nuryani et al., 2023).

2.3.2 Klasifikasi *Lichenes*

Klasifikasi *Lichenes* adalah proses untuk mengelompokkan lichen ke dalam kategori yang tepat berdasarkan ciri-ciri dan karakteristik tertentu (Kurniawan & Amirudin, 2015). Melalui studi morfologi, anatomi, reproduksi, dan faktor lingkungan, peneliti dapat mengidentifikasi dan menggolongkan *Lichenes* ke dalam takson yang sesuai. Salah satu cara untuk mengklasifikasi *Lichenes* adalah berdasarkan thallus atau bentuk tubuh *Lichenes* itu sendiri. Klasifikasi berdasarkan thallus adalah pendekatan yang membagi lichenes berdasarkan jenis morfologi dan struktur mereka. *Thallus* mengacu pada bentuk tubuh secara keseluruhan (Sholihah et al., 2019). Beberapa klasifikasi dalam kategori ini termasuk *foliose*, *frutikose*, dan *crustose*. Berikut merupakan gambar dari klasifikasi ketiga thallus



Gambar 2. 2 a. *Fruticose*; Gambar b. *Foliose*; Gambar c. *Crustose*

(Sumber : Murwani, 2015)

- 1) *Lichenes foliose*, atau lumut kerak daun, memiliki bentuk seperti daun berlipat atau tali menyatu dan menyerupai tumbuhan menjalar (Nuryani et al., 2023). Mereka sering ditemukan di permukaan batu atau dahan di hutan atau pegunungan. *Lichenes* ini menunjukkan adaptasi khusus terhadap kondisi lingkungan yang keras dan sering kali mampu bertahan dalam kondisi cahaya yang rendah.

- 2) Selanjutnya, *Lichenes frutikose* memiliki bentuk seperti semak atau rumput kecil yang menjulang dari substrat tempat mereka tumbuh. Mereka dapat ditemukan di berbagai habitat, termasuk hutan terbuka, pantai, atau bahkan gurun (Roziaty et.al., 2017). *Lichenes frutikose* sangat mengesankan karena mampu mengaktifkan mekanisme perlindungan diri mereka terhadap cahaya yang berlebihan atau kekeringan.
- 3) Terakhir, *Lichenes crustose*, yang juga dikenal sebagai lumut perajut kerak, menempel erat pada substrat tempat mereka tumbuh (Ramadhani et al., 2022). Mereka membentuk lapisan kerak yang padat dan menutupi batu atau kayu dengan rapat. *Lichenes* ini dianggap sangat tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras dan sering kali bertahan di lokasi yang terpapar langsung sinar matahari.

Lichenes dapat ditemukan di berbagai macam substrat, seperti batu, tanah, kulit pohon, dan bahkan pada benda buatan manusia seperti batu bata atau dinding bangunan. Klasifikasi ini memberikan wawasan tentang preferensi kehidupan *Lichenes* dan adanya hubungan timbal balik dengan substratnya. *Saxicolous* (yang dapat hidup pada substrat batu), *Corticolous* adalah (hidup pada bagian kulit pohon) serta dan *Terricolous* (hidup pada permukaan tanah) (Warzatullisna et al., 2023)

1. *Lichenes Saxicolous* adalah organisme yang tumbuh pada batu, biasanya pada batuan sedimen atau batu karang. Mereka mampu menghasilkan senyawa kimia yang melarutkan batuan, memungkinkan mereka menghuni lingkungan yang keras dan bertahan hidup di daerah yang kurang ramah.
2. Selanjutnya, *Lichenes Corticolous* adalah organisme yang tumbuh pada kayu mati atau tumbuh-tumbuhan berkayu lainnya. Mereka memiliki peran penting dalam dekomposisi dan penguraian material organik yang dapat membantu menghilangkan sisa-sisa organisme dari alam.
3. Terakhir, *Lichenes Terricolous* adalah organisme yang tumbuh pada permukaan batu atau bebatuan lainnya. Mereka mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang keras, seperti kekeringan dan suhu yang ekstrem. *Lichenes Saxikolus* juga dapat menjadi indikator penting dalam penelitian tentang kualitas lingkungan dan polusi.

2.3.3 Daur Hidup *Lichenes*

Lichenes merupakan organisme unik yang terdiri dari hubungan mutualisme antara alga dengan fungi (Carr et al., 2021). Dalam proses reproduksi *Lichenes*, terdapat dua tahap utama yang melibatkan pembentukan struktur reproduksi dan pertumbuhan individu baru. Dalam daur reproduksi *Lichenes*, terdapat dua metode reproduksi yang utama, yaitu reproduksi seksual dan non seksual (Martinez et al., 2012). Lichen melakukan reproduksi aseksual saat membentuk bagian yang lebih tipis yaitu soredia atau isidia pada kulit pohon atau permukaan lainnya. *Apotheca* atau *Peritheca* dihasilkan oleh beberapa *Lichen* saat melakukan reproduksi seksual.

Saat melakukan reproduksi seksual membutuhkan dua jenis gen inti haploid ($n + n$) atau diploid ($2n$). Dalam kasus keduanya, inti haploid harus bergabung untuk membentuk inti diploid melalui mekanisme pembelahan sel meiosis, proses yang dapat mengubah progenitas. Selama proses berlangsung pembentukan spora (ascospore). Dengan menggabungkan germinasi askospora dan alga, thallus lichen dapat direkonstruksi (Roziaty, 2016b). Reproduksi vegetatif terjadi ketika satu lichen tumbuh dan berkembang dari fragmen *Lichenes* induk. Fragmen tersebut dapat disebarkan oleh angin atau hewan, kemudian tumbuh menjadi individu baru yang mandiri. Metode reproduksi ini memungkinkan *Lichenes* untuk berkembang biak dengan cepat dan menyebar ke berbagai habitat yang sesuai.

Tahap pertama dari reproduksi lichenesis adalah pembentukan struktur reproduksi yang disebut dengan soredia atau isidia. Soredia adalah struktur reproduksi yang terdiri dari sekelompok sel alga yang terbungkus dalam lapisan fungi. Soredia seringkali berbentuk seperti serbuk halus yang dapat dengan mudah terlepas dari talus (body) *Lichenes* dan diangin-anginkan ke tempat lain (Roziaty, 2016b). Ketika soredia jatuh di tempat baru, alga di dalamnya mulai tumbuh dan membentuk struktur baru. Selain soredia, *Lichenes* juga dapat melakukan reproduksi dengan membentuk struktur reproduksi yang disebut dengan isidia. Isidia adalah pertumbuhan yang menonjol pada talus *Lichenes* yang terdiri dari sekelompok sel alga dan fungi yang terbungkus oleh lapisan proteksi. Ketika isidia terlepas dari talus *Lichenes*, mereka dapat menempuh jarak yang pendek dan mulai tumbuh menjadi individu baru.

Tahap kedua dari reproduksi *Lichenes* adalah pertumbuhan individu baru. Setelah struktur reproduksi seperti soredia atau isidia mencapai tempat yang baru, sel alga di dalamnya mulai tumbuh dan berkembang menjadi sebuah talus baru. Fungi juga berperan penting dalam tahap ini dengan menyediakan nutrisi dan perlindungan bagi alga yang tumbuh. Selama proses pertumbuhan, *Lichenes* dapat berkembang menjadi berbagai bentuk dan ukuran yang bergantung pada kondisi lingkungan dan jenis alga serta fungi yang terlibat.

Reproduksi *Lichenes* merupakan proses yang penting untuk menjaga kelangsungan hidup dan penyebaran organisme ini di berbagai habitat. Dengan adanya mekanisme reproduksi yang efektif, *Lichenes* dapat tumbuh dan berkembang di berbagai wilayah termasuk yang memiliki kondisi lingkungan yang ekstrem. Reproduksi lichenes juga berperan dalam menjaga keragaman genetik dan menghasilkan populasi yang beragam secara genetik. *Lichenes* dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, mulai dari daerah yang lembap hingga yang kering, dengan menggunakan strategi reproduksi yang efektif. Selain itu, kemampuan mereka untuk melakukan simbiosis mutualistik dengan fungi juga membantu lichenes bertahan hidup di habitat yang sulit.

2.3.4 Habitat *Lichenes*

Lumut kerak aktif secara metabolik saat basah, dengan demikian faktor utama yang mempengaruhi iklim mikro tempat kelangsungan hidup, pertumbuhan dan distribusi lumut adalah suhu, kelembaban, curah hujan dan durasi sinar matahari (penyinaran matahari). *Lichenes* umumnya tidak membutuhkan kondisi lingkungan tertentu dan dapat hidup di mana saja. Kondisi lingkungan yang cukup air, unsur zat hara yang melimpah, dan didukung oksigen yang tinggi menjadi tempat persebaran *Lichenes* banyak ditemukan (Hutasuhut et al., 2021). Habitat *Lichenes* umumnya tumbuh pada pepohonan, daun, permukaan tanah dan batu. Bilamana *Lichenes* ditemukan hidup pada bebatuan yang kering, mereka tidak akan mati karena faktor cuaca, *Lichenes* dapat hidup kembali saat turun hujan (Ardyati & Jumiati, 2022).

2.3.5 Bioindikator

Bioindikator adalah organisme yang dapat memberikan petunjuk tentang kondisi lingkungan. *Lichenes* dapat digunakan sebagai parameter lingkungan untuk memantau kualitas udara, karena kemampuannya yang sangat sensitif terhadap suhu, kelembapan serta polusi udara, khususnya polutan seperti sulfur dioksida dan nitrat (Kurniasih et al., 2020). *Lichenes* yang tidak tumbuh atau mati di suatu wilayah, dapat menjadi indikator adanya masalah dengan kualitas udara di daerah tersebut.

Lichenens juga dapat digunakan sebagai bioindikator untuk tingkat polusi logam berat. Mereka dapat menyerap logam berat dari udara dan tanah, dan mengakumulasi dalam jaringan. *Lichenes* tidak menyukai udara dan air yang mengandung racun, jadi kecil kemungkinan untuk *Lichenes* dapat tumbuh di dekat pabrik atau sumber pencemar lainnya (Ulfa et al., 2023). *Lichenes* dianggap sebagai bioindikator yang lebih efektif daripada menggunakan alat atau mesin indikator ambien, yang memerlukan biaya besar dan perawatan khusus untuk dioperasikan (Anggraini et al., 2021).

Manfaat lain *Lichenes* adalah digunakan untuk mempelajari biodiversitas dan kesehatan ekosistem. Keberadaan *Lichenes* yang hadir hampir di semua habitat, termasuk hutan, pegunungan, dan daerah gurun, dapat menjadi indikator keanekaragaman hayati suatu wilayah tersebut. Penelitian terkini menunjukkan bahwa keragaman lichenes juga berkaitan dengan kesehatan ekosistem dan fungsi ekologi, seperti siklus nutrisi dan stabilisasi tanah. Selain menjadi indikator lingkungan, *Lichenes* juga memiliki nilai ekonomi dan ekologis yang signifikan.

2.4 Telaga Sarangan

Telaga Sarangan adalah sebuah danau alami yang terletak di Kabupaten Magetan, Jawa Timur, Indonesia. Kata “telaga” bermakna “danau” dalam KBBI, dan “Sarangan” berasal dari dua kata yang berarti “indah dan suci.” Kesimpulan dari itu, Telaga Sarangan dapat diterjemahkan sebagai “danau yang indah dan suci”. Danau tersebut berada di ketinggian 1.200 meter di atas permukaan laut. Telaga Sarangan merupakan salah satu destinasi wisata populer karena keindahan alam dan aktivitas rekreasinya.

Telaga sarangan menawarkan beragam fasilitas yang bisa dinikmati pengunjung, diantaranya meliputi Hotel berbintang, pondok wisata, villa, tempat makan, pasar, area parkir luas, masjid, taman, pasar, dan puluhan tempat souvenir. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Erlinda & Faraby, 2022) terdapat hotel berbintang berjumlah 2, Pondok wisata sejumlah 18 bangunan, serta hotel berjumlah 43.

2.5 Definisi Sumber Belajar

Sumber belajar adalah faktor kunci dalam pembelajaran yang efektif. Pada konteks pendidikan, menurut (Aqil et al., 2023) sumber belajar merujuk pada segala sesuatu yang digunakan untuk membantu siswa mempelajari, memperoleh pengetahuan dan keterampilan baru sesuai dengan tujuan mereka. Salah satu jenis sumber belajar yang paling umum adalah buku-buku, selain buku, media pembelajaran seperti video, audio, dan presentasi juga dapat menjadi sumber belajar yang efektif. Berkat kemajuan teknologi, manusia sekarang dapat mengakses informasi dan sumber belajar secara online. Menurut (Febrian & Febriani, 2023) sumber belajar elektronik seperti artikel, jurnal, buku dipresentasikan dalam bentuk cetakan yang dapat diakses dalam bentuk PDF melalui perangkat elektronik. Siswa dapat dengan mudah menemukannya dengan mencari di *Google Book* atau *Google Scholar*. Selain itu, platform e-learning atau aplikasi mobile juga dapat dipergunakan sebagai sumber belajar yang fleksibel dan dapat diakses di mana saja dan kapan saja.

Secara keseluruhan, sumber belajar merupakan elemen penting dalam pendidikan modern. Menurut (Fuad et al., 2020) sumber belajar sangat penting untuk proses pembelajaran, sehingga perlu dikembangkan dan dikelola secara sistematis, berkualitas, dan efektif. Sumber belajar yang inovatif dapat meningkatkan minat, motivasi, dan rangsangan dalam proses pembelajaran, yang sangat membantu dalam menyampaikan pesan kepada siswa. Menurut (Demak et al., 2015) sumber belajar yang baik, dapat memberikan kedekatan antara siswa dan guru dengan lingkungan sekitar, memungkinkan guru untuk merancang dan melaksanakan program pembelajaran yang efektif, dan mendorong penggunaan

pendekatan pembelajaran siswa aktif.

2.6 Definisi *E-Booklet*

E-booklet adalah buku elektronik yang berisi materi-materi pembelajaran yang disajikan dalam bentuk digital. *E-booklet* merupakan produk non cetak yang dapat digunakan baik dalam kelas maupun di luar kelas. *E-booklet* berukuran kecil dan berisi nama istilah serta gambar hasil dokumentasi pribadi dari berbagai jurnal yang dapat menambah wawasan siswa (Hanifah et al., 2020). Selain itu, terdapat rangkuman penjelasan untuk membuatnya mudah dipahami siswa. *e-booklet* ini bisa diakses melalui perangkat elektronik seperti komputer, laptop, tablet, atau ponsel pintar. Dokumen *e-booklet* biasanya dalam format pdf, exe, doc, ppt, dan sebagainya (Rusli & Antonius, 2019). Menggunakan *e-booklet* pembelajaran, siswa tidak perlu lagi membawa buku-buku fisik yang berat ke sekolah. Mereka hanya perlu membawa perangkat elektronik yang mudah dibawa dan diakses kapan saja.

Keuntungan utama dari penggunaan *e-booklet* adalah dapat digunakan dalam pembelajaran online karena dilengkapi dengan berbagai fitur menarik. Mereka dapat terhubung secara online melalui komputer, laptop, atau smartphone, dan memiliki gambar pop-up (Rosyidah et.al., 2022). Memasuki perkembangan era digital, siswa lebih mudah menemukan informasi dan belajar melalui ponsel, hal ini membantu pembelajaran praktis (Yusuf et al., 2023). Pembelajaran melalui *E-booklet* menjadi solusi yang tepat untuk merespon perubahan kebutuhan pendidikan. Terciptanya *e-booklet* pembelajaran, proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, fleksibel, dan menyenangkan. Perkembangan teknologi yang semakin pesat, tenaga pendidik perlu terus beradaptasi dan memanfaatkannya untuk kemajuan dunia pendidikan. *E-booklet* pembelajaran adalah langkah awal dalam mengubah cara kita belajar dan membuat pendidikan lebih inklusif. Hal tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan (Sarip et al., 2022) bahwa produk *e-booklet* dapat meningkatkan minat siswa dalam belajar, meningkatkan kemampuan kognitif siswa, membuat belajar lebih mudah, dan membantu mereka memahami topik.

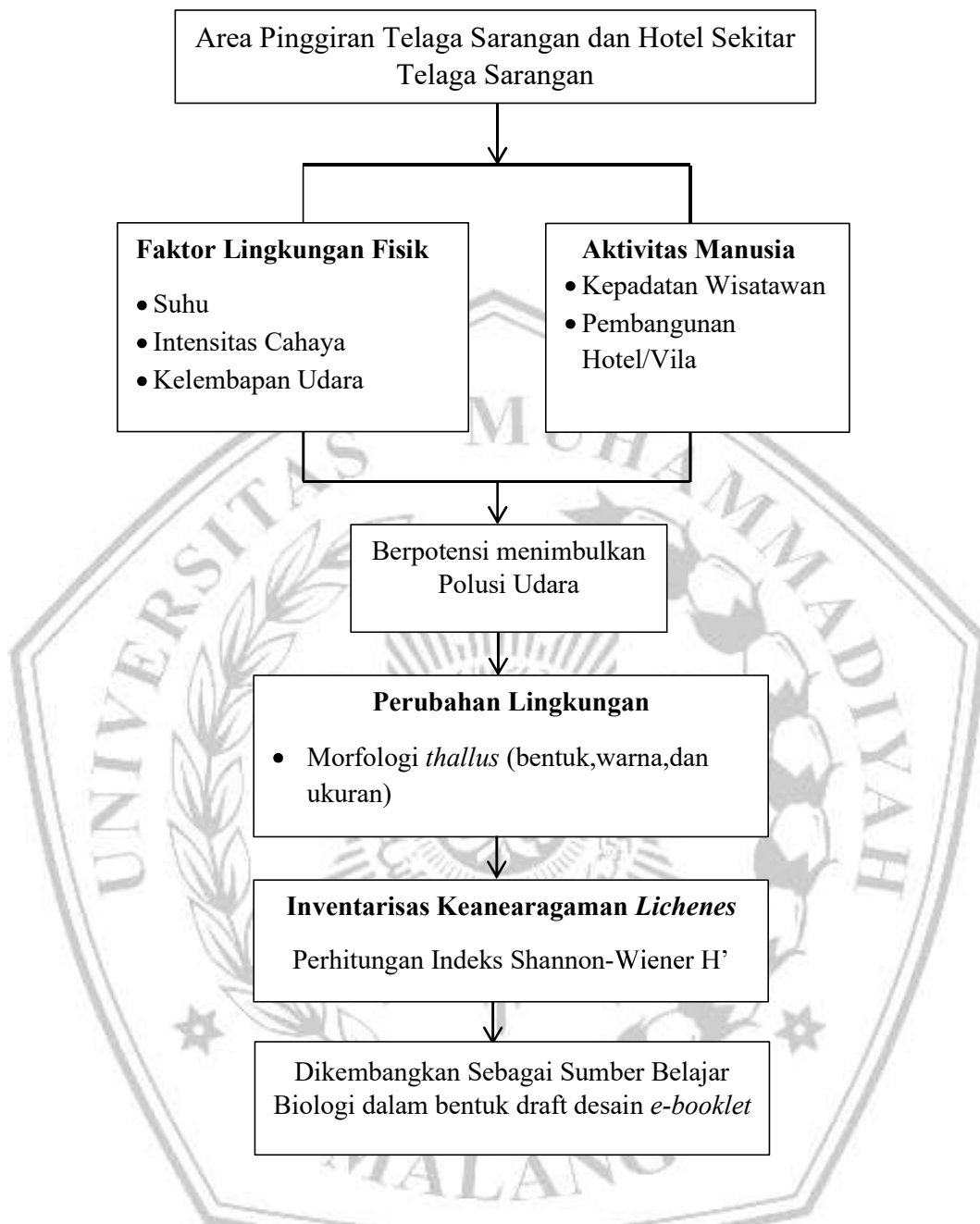
2.7 Kerangka Konseptual

Komponen Lingkungan Fisik menjadi faktor utama dalam mengindikasikan kehadiran *Lichenes*. Dua faktor yang mempengaruhi pertumbuhan talus lichen adalah suhu dan kelembapan. Penyerapan lichen terhadap air, nutrisi, dan bahan pencemar di udara sangat dipengaruhi oleh kelembapan udara. Tingkat kelembapan di daerah menunjukkan bahwa ada banyak air di udara. Intensitas cahaya memengaruhi suhu dan kelembapan udara selain suhu dan kelembapan. Semakin rendah intensitas cahaya yang masuk, semakin rendah suhu dan kelembapan.

Faktor kepadatan yang meliputi jumlah kepadatan wisatawan dan kepadatan jumlah kendaraan menjadi aspek yang diperhatikan juga. Meskipun lichen sangat sensitif terhadap polusi, mereka dapat hidup dalam kondisi ekstrim. Hampir semua jenis lichen sangat sensitif terhadap gas belerang dan gas buang lainnya yang berasal dari kawasan industri atau kendaraan bermotor yaitu Karbon Monoksida (CO).

Dari pemaparan di atas akan digambarkan pada gambar kerangka konsep penelitian dibawah ini :





Gambar 2. 3 Kerangka Konseptual Penelitian

(Sumber : Dokumn Pribadi)