

BAB II

KAJIAN TEORITIK

2.1 Kajian Teori dan Hasil Penelitian yang Relevan

2.1.1 Reproduksi Seksual

Reproduksi merupakan proses biologis di mana organisme menghasilkan keturunan yang serupa dengan dirinya. Melalui reproduksi, spesies dapat berlanjut dari satu generasi ke generasi berikutnya, menjamin kelestariannya sebagai entitas yang berbeda. Proses ini penting bagi kelangsungan hidup dan keberlanjutan populasi serta spesies di habitat alami mereka (Pandey, 2023). Reproduksi seksual pada tumbuhan dimulai ketika serbuk sari menempel pada kepala putik yang reseptif. Proses ini mencakup peleburan gamet jantan dan betina selama pembuahan, menghasilkan variasi genetik yang penting untuk adaptasi terhadap lingkungan. Pada Angiospermae, bunga berfungsi sebagai unit reproduksi seksual, namun beberapa tumbuhan dapat menghasilkan biji tanpa pembuahan atau disebut sebagai apomiksis (Pandey, 2023).

Tahapan awal reproduksi seksual pada tumbuhan ini disebut juga Penyerbukan atau *pollination*. Setelah *pollen* menempel di *stigma*, *pollen* akan berkecambah dan membentuk buluh serbuk yang berisikan dua sel sperma. Buluh serbuk masuk ke dalam ovulum dan terjadilah proses fertilisasi oleh sel sperma kepada sel telur. Hasil fertilisasi ini, terbentuklah zigot. Zigot akan tumbuh dan berkembang menjadi embrio. Pada tahap selanjutnya, karpela akan tumbuh dan membentuk buah, sedangkan ovulum akan tumbuh dan berkembang membentuk biji (Mulyani, 2019).

Bakal buah yang mengandung banyak bakal biji, masing-masing bakal biji harus dibuahi oleh serbuk sari, sehingga pada *stigma* harus ada sekurang-kurangnya sejumlah serbuk sari yang jatuh harus lebih banyak dari bakal biji. Namun, tidak semua bakal biji yang dibuahi berkembang menjadi biji. Pada nyatanya selalu terdapat kasus bakal biji yang tidak mengalami pembuahan atau pun pembuahan tidak sempurna. Hal tersebut menyebabkan dalam perkembangannya bakal biji akan terdesak oleh biji-biji lain, dan mengalami penghambatan dalam perkembangannya. Bisa jadi biji menjadi keriput atau kecil-kecil dan tidak dapat berkembang menjadi individu baru, karena tidak terdapat lembaga didalamnya. Terdapat tumbuhan yang meskipun pada bakal biji tidak terjadi pembuahan, bakal biji akan tetap berkembang menjadi biji yang didalamnya terdapat lembaga. Sel telur yang tidak dibuahi dapat tumbuh menjadi lembaga, fenomena ini disebut *parthenogenesis* (Tjitrosoepomo, 2020).

Pembentukan lembaga atau calon tumbuhan baru yang disertai dengan proses fertilisasi antara sel telur dan sel sperma, disebut peristiwa amfimiksis (*amphimixis*). Adapun peristiwa pembentukan calon tumbuhan baru tanpa adanya proses fertilisasi antara sel telur dan sel sperma disebut apomiksis (*apomixis*). Berdasarkan asal serbuk sari tersebut, penyerbukan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 2020):

- a. Penyerbukan sendiri (*autogamy*), yaitu serbuk sari yang berasal dari bunga itu sendiri,
- b. Penyerbukan tetangga (*geitonogamy*), yaitu serbuk sari yang berasal dari bunga lain pada tumbuhan yang sama,

- c. Penyerbukan silang (*allogamy, xenogamy*), yaitu jika serbuk sari yang jatuh berasal dari bunga tumbuhan lain, tetapi masih dalam spesies yang sama,
- d. Penyerbukan bastar (*hykridogamy*), yaitu jika serbuk sari yang jatuh berasal dari bunga tumbuhan lain yang berjenis berbeda atau sekurang-kurangnya memiliki satu sifat beda.

2.1.2 Viabilitas *Pollen*

Kinerja *pollen* merupakan serangkaian sifat-sifat gametofit jantan dalam mempengaruhi kemampuannya untuk mencapai fungsi tertentu. Fungsi tersebut meliputi mencapai *stigma*; berkecambah; membentuk tabung sari; mengembangkan tabung sari untuk memperoleh sumber daya dan mencapai *ovarium*; dan mengantarkan sel gametofit jantan ke sel telur (Williams & Mazer, 2016). Dari kinerja *pollen* tersebut, viabilitas *pollen* yang merupakan parameter dengan pengukuran paling sederhana dan cepat (Shivanna dkk. 1991). Untuk mengetahui seberapa penting viabilitas *pollen* dalam menentukan keberhasilan reproduksi tumbuhan, metode estimasi viabilitas *pollen* telah digunakan. Hasilnya menunjukkan bahwa viabilitas serbuk sari sangat terkait dengan keberhasilan pra-zigotik (Alonso dkk. 2013).

Viabilitas *pollen* merupakan kapasitas serbuk sari dalam mengantarkan gametofit jantan ke kantung embrio setelah terjadinya penyerbukan yang kompatibel (Shivanna dkk. 1991). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk pengujian viabilitas *pollen* meliputi, pengujian dengan pewarnaan, pengujian perkecambahan in vitro dan uji reaksi fluorokromatik (FCR). Pengujian dengan pewarnaan merupakan pengujian yang paling populer dan sederhana diantara metode lainnya (Janick & Moore, 1983).

2.1.3 Reseptivitas *Stigma*

Reseptivitas *stigma* merupakan tahapan penting dalam perkembangan bunga yang dapat mempengaruhi tingkat penyerbukan sendiri, keberhasilan polinasi, kepentingan berbagai penyerbuk, interaksi antara gamet jantan dan betina, tingkat kompetisi melalui transfer serbuk sari yang tidak tepat, dan peluang seleksi gametofit (Galen dkk. 1987). Keberhasilan polinasi ditentukan berdasarkan umur *ovule*, morfologi putik, dan reseptivitas *stigma* (Cuevas dkk. 2009). *Stigma* bersifat reseptif secara genetik pada saat anthesis, dan akan hilang selama dua atau beberapa hari (Gupta, 2015). Durasi reseptivitas *stigma* bisa berkisar dari beberapa jam hingga sepuluh hari, dan dipengaruhi oleh usia bunga, waktu, serta ada atau tidaknya eksudat (cairan) *stigma* (Dafni, 1992).

Reseptivitas *stigma* dapat diidentifikasi secara eksperimental melalui beberapa metode meliputi, pengamatan perubahan morfologi seperti adanya eksudat pada *stigma* basah dan perubahan warna jika ada, perkecambahan serbuk sari, dan pengujian keberadaan enzimatik. Aktivitas enzim yang dapat diuji meliputi enzim peroksidase, esterase, alkohol dehydrogenase, dan asam fosfatase (Gupta dkk. 2015). Pengujian dengan metode hidrogen peroksida, untuk menguji keberadaan enzim peroksidase merupakan metode yang sederhana dan cocok untuk diterapkan dalam pengamatan lapangan (Dafni, 1992).

Aktivitas peroksidase ditandai dengan reaksi gelembung dengan menggunakan hidrogen peroksida (Dafni & Maues, 1988). Aktivitas esterase terdeteksi dengan adanya warna coklat pada permukaan *stigma* dengan menggunakan naftil asetat (Serrano & Olmedillay, 2012). Aktivitas dehydrogenase ditandai dengan *stigma* bewarna ungu dengan menggunakan

larutan beker (Dafni, 1992). Aktivitas asam fostafase ditandai dengan adanya endapan berupa presipitat hitam, menggunakan campuran timbal nitrat dan glisefosfat dalam buffer asetat (Serrano & Olmedillay, 2012).

2.1.4 Fenologi Pembungaan

Fenologi merupakan ilmu yang mengkaji tentang periode yang dibutuhkan tumbuhan dalam melakukan tahapan-tahapan alamiah. Fenologi dalam kajian ilmu botani mengaitkan hubungan antara faktor lingkungan dengan waktu terbentuknya kuncup bunga, waktu mulainya perbungaan, waktu penyerbukan dan waktu perkembangan buah (Baskorowati, 2013). Pembungaan merupakan satu dari beberapa tahapan yang menjadi kajian dalam fenologi. Fenologi pembungaan menjadi salah satu tahapan penting dalam siklus hidup tumbuhan, karena terjadi proses awal tumbuhan berkembang biak, yaitu terbentuknya organ bunga (Triastinurmiatiningsih, 2021). Penggambaran fenologi pembungaan dari suatu tumbuhan, pada umumnya menggunakan waktu, frekuensi dan intensitas pembungaan (Baskorowati, 2013).

Tahapan fenologi pembungaan pada setiap spesies tumbuhan dapat berbeda-beda (Baskorowati, 2013). Fenologi pembungaan ditandai dengan munculnya kuncup bunga pada batang tumbuhan (Agustin dkk. 2021). Menurut Lizawati dkk. (2013), proses pembungaan diawali dengan tahap induksi bunga, yaitu merupakan tahapan perubahan dari fase vegetatif ke fase reproduktif. Selanjutnya dinyatakan bahwa induksi bunga merupakan fase terpenting dalam proses pembungaan, karena pada mata tunas terdapat perubahan fisiologis dan biokimia, namun secara morfologi perubahan tidak terlihat.

Tanaman tingkat tinggi, proses pembungaan terjadi melalui empat tahapan, yaitu induksi bunga (evokasi), differensiasi bunga, pendewasaan bagian-bagian bunga, dan *anthesis* (Sedgley & Griffin, 1989). Kemudian, menurut Liliana Baskorowati (2018), dalam reproduksi *Rhizophora mucronata* terdapat fase perkembangan yaitu pre-anthesis dimana mulai munculnya tunas reproduksi sampai perkembangan kuncup bunga sebelum anthesis (bunga mekar); anthesis atau tahapan membukanya kuncup bunga, organ reproduksi bunga (*pollen* dan putik) mulai masak, sampai ketahap gugurnya organ reproduksi bunga. Pengamatan fenologi pembungaan dan pembuahan dilakukan sejak munculnya tunas bunga sampai bunga mekar sempurna (anthesis) kemudian gugur atau rontok dan terbentuk buah. Pengamatan terhadap fenologi pembungaan dilakukan dengan mengamati perubahan panjang kuncup, diameter kuncup, diameter tabung kuntum, panjang calon buah, dan diameter calon buah (Agustin dkk. 2021).

2.1.5 Faktor yang Mempengaruhi Fenologi Pembungaan

Fenologi seperti yang sudah dijelaskan di atas, merupakan proses yang terjadi secara periodik, dengan karakter pada setiap tumbuhan berbeda-beda, serta dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban udara (Agustin & Vitri, 2021). Menurut Baskorowati (2013), faktor genetik dan lingkungan menjadi faktor yang diyakini dalam mempengaruhi fenologi pembungaan. Berikut ini, merupakan beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi fenologi pembungaan, antara lain sebagai berikut:

a. Intensitas cahaya matahari

Cahaya matahari merupakan energi utama bagi terpeliharanya kehidupan di bumi. Energi matahari diserap oleh tumbuhan melalui jaringan kloroplas yang

mengandung klorofil. Energi ini kemudian melalui proses biokimia dirubah menjadi energi kimia dalam rangkaian atom C, H, dan O dalam karbohidrat (glukosa) sebagai produk fotosintesis. Pengaruh cahaya pada pertumbuhan tanaman tergantung pada komposisi atau kualitas panjang gelombang, intensitas, dan periodisitas cahaya (Paembonan, 2020).

Intensitas cahaya menjadi faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui aktivitas fotosintesis diantaranya yaitu proses membuka dan menutupnya stomata, dan sintesa klorofil. Intensitas cahaya juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi, ukuran daun, dan struktur daun dan batang karena berpengaruh dalam perbesaran dan diferensiasi sel (Paembonan, 2020). Selain itu, lamanya pencahayaan, juga menjadi faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Yuni dkk. 2022).

b. Suhu udara

Suhu menjadi salah satu faktor penting dalam perkembangan bunga. Setiap organisme memiliki suhu minimum, suhu optimal, dan suhu maksimum. Suatu tumbuhan, tidak akan tumbuh dibawah suhu minimum, akan mengalami laju pertumbuhan paling tinggi pada suhu optimal, dan tidak akan tumbuh atau bahkan mati apabila diatas suhu maksimum (Setiowati & Deswaty, 2007).

Fotosintesis dapat berlangsung secara optimal pada Suhu berkisar 21°C (Andriani & Karmila, 2019). Suhu tersebut mengakibatkan proses pembentukan glukosa berlangsung dengan baik. Sehingga fotosintat dapat didistribusikan keseluruh tubuh tanaman dengan baik. Menurut indriyanto (2017), suhu mempengaruhi empat aspek fisiologis pada tanaman, yaitu pertumbuhan, perkembangan, asimilasi, dan respirasi atau pernapasan. Selanjutnya, jika suatu

tanaman mencapai suhu minimum atau suhu terendah maka keempat aspek fisiologis berhenti. Kemudian, jika suhu naik dan melebihi suhu minimum, maka kecepatan keempat aspek fisiologis naik hingga mencapai suhu optimum, dan akan turun dan berhenti ketika melebihi suhu maksimum.

Suhu pada saat fase perkembangan tumbuhan haruslah memenuhi kebutuhan tumbuhan tersebut. Suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan penurunan aktivitas metabolisme seperti pada proses sintesis berbagai bahan organik, translokasi, respirasi, pembentukan protoplasma baru, dan pembentukan dinding sel, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Suhu yang terlalu rendah juga dapat menyebabkan penurunan terhadap kecepatan pertumbuhan melalui penurunan aktivitas metabolisme, sehingga kecepatan reaksi-reaksi biokimia dalam tubuh tanaman akan menurun (Indriyanto, 2017).

c. Kelembaban udara

Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan juga dipengaruhi oleh kelembaban udara. Kelembaban udara akan berpengaruh terhadap laju transpirasi. Jika kelembaban rendah, maka laju transpirasi meningkat. Pemberian air dilakukan untuk meningkatkan kelembaban udara (Yuni dkk. 2022). Apabila kelembaban udara berada di luar batas toleransi, maka tumbuhan akan terganggu pertumbuhan dan perkembangannya. Setiap tumbuhan membutuhkan kelembaban udara yang berbeda-beda. Kebanyakan tumbuhan kelembaban udara yang dibutuhkan sekitar 80% (Hariadi, 2007).

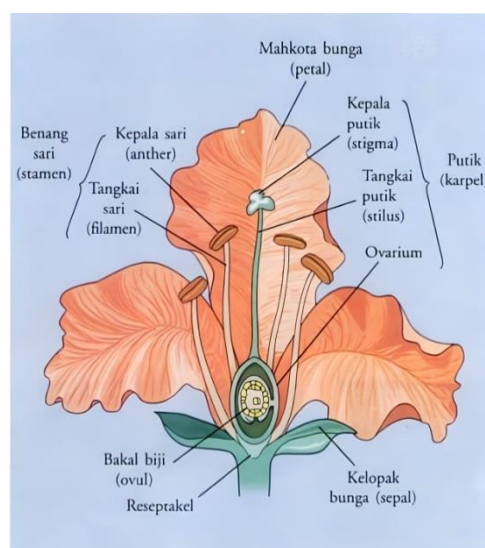
d. Curah hujan

Curah hujan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Curah hujan merupakan salah satu sumber air di bumi

yang dapat terbentuknya air bumi, mengisi perairan-perairan seperti sungai, danau, dan kolam, serta mengisi udara di atmosfer dan mempengaruhi kelembaban udara (Indriyanto, 2017). Curah hujan yang berlebihan akan mengakibatkan peningkatan volume air pada tanah sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan. Curah hujan yang berlebihan akan mempengaruhi produktivitas tanaman yang akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terganggu (Herlina & Amelia, 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Herlina dkk. (2020), menyatakan bahwa variabel curah hujan dan hari hujan memiliki pengaruh terhadap produktivitas tembakau sebesar 47,2%.

2.1.6 Bunga (*Flos*)

Bunga merupakan organ perkembangbiakan generatif pada tumbuhan. Perkembangan generatif sendiri merupakan proses perkembangan yang melibatkan proses peleburan sel kelamin jantan dan sel kelamin betina. Penghasil sel kelamin jantan pada tumbuhan yaitu benang sari, dan yang berperan sebagai sel kelamin betina yaitu putik (Hasnunidah & Wisnu, 2019).



Gambar 2.1 Bagian-bagian bunga
(Sumber: Campbell dkk. 2003).

Bunga terbentuk dari meristem pucuk khusus, yang berkembang mulai dari ujung batang dan dipengaruhi faktor internal maupun eksternal. Bunga terdiri dari sekelompok daun yang disebut *sepala*, *petala*, *stamen*, dan *karpela*. Umumnya sepala berwarna hijau, dan keseluruhan sepala disebut kelopak bunga (*calix*). Selanjutnya, bagian petala umumnya berwarna dan menarik, bagian keseluruhan petala disebut mahkota bunga (*corolla*). Pada bagian *stamen*, terdiri dari tangkai sari (*filament*), dengan bagian ujung terdapat ruang sari (*antera*) yang di dalamnya berisi butir serbuk sari. Butir serbuk sari inilah yang berisi gamet jantan atau sel sperma. Kemudian, pada organ karpela, ada yang tunggal dan ada yang berkelompok. Bagian keseluruhan karpela disebut putik (*pistillum*), yang bagiannya meliputi bagian basal atau bakal buah (*ovarium*), bagian tengah yang merupakan tangkai disebut tangkai putik (*stilus*), dan bagian ujung disebut kepala putik (*stigma*). Pada bagian dalam *ovarium* terdapat *lokulus* yang berisi *ovulum* yang merupakan sel telur atau gamet betina (Mulyani, 2019).

Tangkai bunga (*pedicellus*) adalah bagian bunga yang masih bersifat batang. Pada tangkai bunga, umumnya terdapat daun peralihan atau bagian-bagian yang menyerupai daun berwarna hijau. Tangkai bunga berperan sebagai penopang bunga dan penghubung antara bunga dan batang. Distribusi air dan mineral dari akar ke bunga melalui batang dan tangkai bunga (Tjitrosoepomo, 2020).

Bunga dapat dianggap sebagai tunas yang mengalami metamorphosis. Dasar bunga (*receptaculum*) merupakan bagian ujung batang yang terhenti pertumbuhannya, umumnya menebal atau melebar, dan menjadi tumpuan bagian-bagian bunga yang menjadi metamorphosis dari daun, yaitu kelopak, tajuk bunga, benang sari, dan putik. Bakal biji (*ovulum*) merupakan bagian bunga yang menjadi

ruang penyimpanan sel telur. Pada kelompok tumbuhan berbunga, umumnya letak bakal biji adalah di dalam bakal buah (*ovarium*), sehingga ketika berkembang, bakal biji akan menjadi biji yang letaknya di dalam buah. (Tjitrosoepomo, 2020).

Kelopak (*calyx*) merupakan daun-daun hiasan bunga berbentuk lingkaran luar dan umumnya berwarna hijau. Kelopak berfungsi sebagai pelindung bunga, terutama pada saat bunga masih dalam fase kuncup. Kelopak tersusun dari bagian-bagiannya yang disebut daun kelopak (*sepala*). Mahkota bunga (*corolla*) merupakan hiasan bunga yang terletak di sebelah dalam kelopak bunga. Umumnya mahkota bunga berukuran lebih besar dan memiliki warna-warna yang menarik. Warna-warna menarik dari mahkota bunga berfungsi untuk menarik perhatian pollinator dalam proses penyerbukan (Tjitrosoepomo, 2020).

2.1.7 Biologi Telang

Telang (*Clitoria ternatea L.*) atau bisa disebut sebagai *butterfly pea*, merupakan tumbuhan yang berasal dari daerah tropis Asia, yang banyak ditemukan di Ternate, Maluku Utara, dan penyebarannya sampai ke Afrika, Australia, Amerika Utara, dan Amerika selatan. Tumbuhan telang merupakan tumbuhan herba yang tergolong dalam family Fabaceae yaitu tumbuhan dengan ciri buahnya yang berbentuk polong. Telang tumbuh merambat dan membutuhkan penyangga dalam pertumbuhannya (Budiasih, 2017). Morfologi bunga telang pada saat mekar disajikan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Bunga Telang.

Adapun klasifikasi tumbuhan Telang sebagai berikut (Plantamor, 2024):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabacea
Genus	: Clitoria
Spesies	: <i>Clitoria ternatea</i> L.

Tumbuhan telang memiliki batang yang berukuran antara 0,5 – 3m, termasuk jenis herbaceous, dengan bentuk bulat dan terdapat rambut halus di permukaannya, dengan arah pertumbuhan batang membelit ke arah kiri (*Sinistrorsum volubilis*). Sistem perakaran yaitu akar tunggang dengan banyak akar lateral. Daun termasuk jenis daun majemuk menyirip berpasangan, dengan bentuk jorong, permukaan bawah berbulu dan berwarna hijau, dengan panjang tangkai daun mencapai 2,5 cm. Memiliki keragaman pada warna bunga meliputi warna ungu, biru, dan putih, dengan benang sari dan putik yang tersembunyi. Bunga Telang termasuk jenis bunga setangkup tunggal (*Monosimetris*). Buah

pada telang termasuk dalam jenis polong dengan panjang mencapai 14 cm, yang di dalamnya terdapat biji berjumlah 8-10 butir (Zahara, 2022).

Tumbuhan telang merupakan bunga dengan tipe *zigomorfis papilionaceous* yang khas, dengan kelopak bunga yang terdiri dari lima sepal yang menyatu. Terdapat tangkai bunga dengan panjang 4-5 mm. Terdapat *androecium diadelphous* dengan sepuluh benang sari yang tersusun dalam model (9) + 1. Putik monokarpel dan *ovarium* unilokuler dengan sepuluh biji yang tersusun dalam plasenta marginal. Mahkota bunga berbentuk papilion, terdiri dari satu mahkota standar, dua mahkota sayap, dan dua mahkota lunas. Mahkota lunas menyatu untuk menutup andrecium dan gynoecium. Mahkota standar merupakan mahkota yang paling besar di antara mahkota-mahkota lainnya, diikuti mahkota sayap dan mahkota lunas. Ukuran mahkota standar berkisar antara 3,8 x 2,8 - 4,2 x 3,0 cm; ukuran mahkota sayap berkisar antara 2,6 x 1,4 - 2,7 x 1,8 cm; dan ukuran mahkota lunas berkisar antara 1,8 x 0,5 - 2,0 x 0,8 cm (Bishoyi & Geetha, 2012).

2.1.8 Telang sebagai Tanaman Obat

Tanaman obat merupakan jenis tanaman yang bermanfaat untuk pengobatan karena secara alamiah mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi menyembuhkan berbagai penyakit (Widaryanto & Nur, 2018). Menurut Singh 2015 dalam Widaryanto & Nur, 2018 menyatakan bahwa tanaman obat adalah tanaman dengan dua karakteristik utama, yaitu sebagai obat pencegahan dan untuk pengobatan penyakit. Komponen senyawa aktif yang telah dikarakterisasi dalam tanaman obat telah terbukti mampu mencegah munculnya penyakit. Untuk proses pengobatan, komponen-komponen kimia yang terkandung dalam tanaman obat

dapat berinteraksi bersamaan sehingga bersifat melengkapi, merusak/menetralisir efek negatifnya.

Tanaman telang merupakan satu diantara 30.000 lebih jenis tanaman obat di Indonesia (PT. Sido Muncul, 2015). Kandungan yang dimiliki bunga telang, menjadikan tanaman ini memiliki potensi sebagai tanaman obat. Komponen aktif, baik itu berasal dari metabolisme primer ataupun sekunder, baik yang bersifat hidrofilik maupun lipofilik, menjadi kesatuan dalam terciptanya kinerja farmakologis pada bunga telang (Marpaung, 2020).

Bunga telang memiliki efek farmakologis yang luas. Hal itu dikarenakan keragaman kandungan didalamnya. Bunga telang mengandung *tanin*, *phlobatin*, *karbohidrat*, *saponin*, *triterpenoid*, *mufavanoid fenolik*, *flavanol*, *glikosida*, *protein*, *alkaloid*, *antrakuinon*, *anticyanin*, *stigmacte-4-ena-3,6 dion*, minyak *atsiri*, dan *steroid*. Kemudian juga mengandung komposisi asam lemak meliputi asam *palmitat*, *stearate*, *oleat lonoleat*, dan *linolenat* (Hussain, 1998).

Telang sudah banyak diaplikasikan dalam pengobatan tradisional masyarakat dunia berdasarkan Manjula dkk. (2013). Sebagai contoh yaitu negara India. Pengobatan tradisional yang dilakukan masyarakat India dengan menggunakan telang, dipercaya memberikan beberapa manfaat, antara lain sebagai pengobatan insomnia, epilepsi, disentri, keputihan, rematik, bronkhitis, asma, maag, tuberkulosis paru, demam, sakit telinga, penyakit kulit seperti eksim, impetigo, dan prurigo, sendi bengkak, kolik, sembelit, infeksi kandung kemih, asites atau kelebihan cairan pada rongga perut, kemudian memperlancar menstruasi, sebagai penawar bisa ular maupun sengatan kalajengking, sebagai antiperiodik atau pencegah kambuhnya penyakit seperti malaria, kemudian

sebagai obat cacing, pencahar, diuretan, pendingin, pemicu mual dan muntah sehingga membantu mengeluarkan dahak bronkitis kronis.

Manfaat bunga telang yang disebutkan belum semuanya teruji secara ilmiah. Terdapat beberapa khasiat hanya sebagai tradisi turun temurun (Merpaung, 2020). Manfaat yang akan dipaparkan merupakan manfaat-manfaat bunga telang yang sudah teruji secara ilmiah, yang meliputi manfaat sebagai antioksidan, antidiabetes, dan antikanker.

Antioksidan pada bunga telang telah dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan Laksmi dkk. (2014). Metode yang digunakan adalah *Difenil-pikril-hidrazil* (DPPH). Bunga telang yang mengandung *fenol* dan *flavonoid* memiliki pengaruh terhadap radikal bebas secara signifikan dibandingkan dengan standar asam galat dan *quercetin*. Penelitian ini membuktikan bahwa bunga telang memiliki aktivitas anti oksidan yang mampu melawan radikal bebas seperti DPPH, radikal hidroksil, dan hidrogen peroksida. Kemudian, diselidiki lebih lanjut potensi ekstrak bunga telang dan memastikan efektivitasnya dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif.

Konsentrasi dari minuman bunga telang telah teruji dapat mengontrol gula darah. Berdasarkan penelitian Chusak dkk. (2018), menyatakan bahwa konsentrasi yang tepat yaitu 2,16 mg delfinidin 3-glukosida per sajian. Konsentrasi ini dapat diperoleh dengan merendam 10-15 helai bunga telang ke dalam 250 ml air panas selama 15-30 menit.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ekstrak bunga telang melindungi sel darah merah pada anjing dari hemolisis dan kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh *2,20-azobis-2-methyl propanimid amidedi hydrochloride*

(AAPH) (Phrueksanan dkk. 2014). Ekstrak bunga telang juga berpotensi sebagai produk kosmetik untuk menunda kerutan kulit, karena efektif melindungi sel-sel kulit dari stress oksidatif akibat hydrogen peroksida dan radiasi UV (Zakaria dkk. 2018). Selain itu, sifat antioksidan ekstrak bunga telang mendorong produksi nanopartikel magnesium oksida. Sehingga semakin banyak digunakan untuk aplikasi biomedis (Sushma dkk. 2015).

Studi yang dilakukan oleh Daisy dkk. (2009) menyelidiki efek terapeutik ekstrak daun dan bunga telang pada tikus yang diinduksi diabetes dengan aloksan. Pengaruh ekstrak air dari daun dan bunga dipelajari terhadap penentuan kadar glukosa, Hb, insulin, kolesterol total, trigliserida, dan kolesterol *High Density Lipoprotein* (HDL). Protein hati dan otot, urea, dan keratin diukur dengan parameter glikogen pada tikus kontrol dan tikus yang diberi perlakuan. Hasil penelitian ini yaitu konsumsi bunga 400 mg/kg berat badan tikus selama 84 hari secara signifikan menurunkan gula darah hemoglobin terglisosilasi meningkatkan insulin serum, glikogen otot hati dan tulang serta menurunkan kolesterol total.

Aktivitas antidiabetik dari bahan aktif juga dapat dilakukan dengan menghambat pembentukan produk akhir glikasi lanjut (AGEs). Ekstrak bunga telang pada konsentrasi 0,25 - 1,00 mg/ml telah dibuktikan dapat menghambat pembentukan AGE secara signifikan. Kemudian juga mengurangi kadar fruktosamin dan oksidasi protein dengan mengurangi kandungan karbonil protein dan mencegah penipisan *tiol* bebas (Chayaratanasin dkk. 2015). Bunga telang juga memiliki sifat anti kanker karena mengandung *flavonoid* termasuk *kaempferol*. Saat 1.000 mg/ml ekstrak bunga telang diuji pada sel T47D, hasil penelitian menyatakan 63,8% sel kanker terbunuh akibat aktivitas dari kandungan bunga

telang yang meliputi *flavonoid* seperti *kaemferol*, *delphinine* dan *quercetin* (Jacob & Latha, 2012).

2.1.9 Bahan Ajar Monografi

Bahan ajar merupakan sesuatu yang digunakan oleh tenaga pendidik atau pun peserta didik untuk memudahkan proses pembelajaran. Selanjutnya dinyatakan, bentuk bahan ajar dapat berupa buku bacaan, lembar kerja siswa (LKS), maupun berupa tayangan seperti video dan sebagainya, dapat pula berupa surat kabar, bahan digital, foto, kartu dan banyak hal lainnya yang dapat digunakan untuk meningkatkan pengetahuan dan pengalaman peserta didik. Bahan ajar mengandung uraian materi tentang pengetahuan, pengalaman, ataupun teori-teori yang digunakan oleh guru atau peserta didik, yang bertujuan untuk memudahkan proses pembelajaran. Adapun fungsi bahan ajar bagi tenaga pendidik meliputi, menghemat waktu, dapat membuat guru lebih fokus sebagai fasilitator, sumber penilaian pembelajaran siswa, proses pembelajaran lebih efektif, dan sebagai pedoman pembelajaran. Sedangkan, untuk fungsi bahan ajar bagi peserta didik meliputi, pembelajaran yang sesuai dengan urutan, pembelajaran dapat disesuaikan dengan kemampuan masing-masing, pembelajaran dapat dilakukan di mana pun dan kapan pun, serta pembelajaran dapat dilakukan secara mandiri (Kosasih, 2020).

Monografi atau secara tidak baku sering disebut monograf (Trimansyah, 2024), merupakan buku dari hasil tulisan ilmiah yang substansi pembahasannya terbatas pada satu topik dalam satu bidang keilmuan. Monograf umumnya ditulis oleh penulis tunggal dan dibedakan dari jurnal yang diterbitkan secara berkala. Syarat-syarat penulisan monografi yang harus dipenuhi meliputi adanya rumusan

masalah yang mengandung novelty, metodologi pemecahan masalah, teori mutakhir yang jelas dan lengkap, serta terdapat kesimpulan dan daftar pustaka (POPAK, 2019).

2.1.10 Hasil Penelitian yang Relevan

Terdapat beberapa penelitian relevan yang penulis jadikan sebagai referensi dalam melaksanakan penelitian mengenai fenologi pembungaan, viabilitas *pollen*, reseptivitas *stigma*, dan rasio P/O. Beberapa penelitian tersebut, antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan Murza & Davis (2004) di Canada, berjudul “Flowering phenology and reproductive biology of *Drosera anglica* (Droseraceae)”. Metode yang digunakan yaitu dengan mengamati setiap hari 25 tanaman dalam satu lokasi. Tanaman yang dipilih memiliki kriteria lebih dari satu bunga per tanaman. Hasil penelitian menyatakan periode berbunga rata-rata per tanaman adalah $5,62 \pm 0,60$ hari.
2. Penelitian yang dilakukan Nepal dkk. (2024) di China, berjudul “Flowering phenology differs among wet and dry sub-alpine meadows in southwestern China”. Metode yang digunakan meliputi 1) untuk tingkat populasi yaitu dengan memasang transek 100 m di masing-masing habitat dan mencatat jumlah individu berbunga dan bunga yang terbuka setiap 10 hari sepanjang musim berbunga. 2) untuk tingkat individu dengan secara acak memilih dan memberi tanda 30 individu untuk setiap spesies dan dihitung tanggal berbunga hingga layu. Hasil penelitian menyatakan fenologi berbunga di tingkat individu dan bunga lebih panjang di habitat lembab, tetapi lebih

pendek di tingkat populasi serta fenologi berbunga dipengaruhi oleh ketersediaan nektar dan presentasi serbuk sari di tingkat populasi.

3. Penelitian yang dilakukan Aparicio & Martin (1996) di Spanyol, berjudul “The reproductive biology and breeding system of *Erica andevalensis* Cabezudo & Rivera (Ericaceae), an endangered edaphic endemic of southwestern Spain. Implications for its conservation”. Sampel yang digunakan meliputi 8 umbel atau 106 bunga dari masing-masing tanaman A dan B. Hasil penelitian menyatakan rata-rata jumlah bunga pada umbel adalah $13 \pm 2,5$. Setiap perbungaan memiliki setidaknya 1 bunga yang mekar selama $24 \pm 4,8$ d. Secara keseluruhan pada 22 d dari 24 d lebih dari 25% bunga berada di antesis dan pada 21 d > 50% bunga antesis.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Triastinurmiatiningsih dkk. (2021), berjudul “Fenologi Pembungaan Dua Varietas Jambu Air (*Syzygium boerlagei*) di Kebun Raya Bogor”. Sampel yang digunakan yaitu delapan pohon (4 pohon berbuah kuning dan 4 pohon berbuah merah) *S. boerlagei* koleksi Kebun Raya Bogor. Hasil penelitian menyatakan bahwa terdapat perbedaan periode fenologi pembungaan dari kedua varietas jambu. Varietas buah kuning memiliki waktu inisiasi infloresen selama 13 hari, tahap kuncup kecil 16 hari, tahap kuncup besar 7 hari, dan tahap antesis 7 hari. Sedangkan pada varietas buah merah, memiliki waktu inisiasi inloresen selama 16 hari, tahap kuncup kecil 17 hari, tahap kuncup besar 9 hari, dan tahap antesis 7 hari. Serangga yang menjadi pengunjung dominan adalah *Trigona sp*, serta faktor abiotik yang mendukung pembungaan adalah cahaya matahari berkisar 1151 – 18650 lux dan suhu udara berkisar 20°C – 25°C.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Reformasintansari & Budi (2021), yang berjudul “Kodifikasi dan Deskripsi Tahapan Pertumbuhan Fenologi Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) Menurut Skala BBCH. Analisis data menggunakan statistika deskriptif dan menggunakan skala BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry*). Tahap pertumbuhan fenologi tanaman telang yang diamati, meliputi seluruh siklus pertumbuhan, dimulai dari perkecambahan hingga pematangan buah dan biji. Hasil yang diperoleh adalah terdapat Sembilan tahap pertumbuhan utama. Meliputi tahap 0 (perkecambahan), tahap 1 (penampakan daun), tahap 3 (pemanjangan batang), tahap 5 (perbungaan), tahap 6 (berbunga), tahap 7 (perkembangan buah dan biji), tahap 8 (pematangan), dan tahap 9 (penuaan).
6. Penelitian yang dilakukan oleh Agustin & Vitri (2021), berjudul “Fenologi Pembungaan dan Penyerbukan *Cereus jamacaru* D.C. (Cactaceae) Koleksi Kebun Raya Bogor”. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa fenologi pembungaan pada *C. jamacaru* berlangsung selama 14-15 hari. Tahapan yang berlangsung, diawali dengan munculnya bakal kuncup bunga, bunga mekar sempurna (anthesis), dan berakhir dengan proses rontok atau gugur.
7. Penelitian yang dilakukan oleh Ferreira dkk. (2021) di Brazil, yang berjudul “Optimization of culture medium for the in vitro germination and histochemical analysis of *Passiflora* spp. pollen grains”. Sampel yang digunakan meliputi serbuk sari dari sebelas spesies *Passiflora* spp. Hasil penelitian menyebutkan adanya pengaruh signifikan spesies, medium, dan konsentrasi sukrosa terhadap perkecambahan dan panjang tabung. *P. edmundoi* memiliki perkecambahan tertinggi 89% pada medium SM+30%

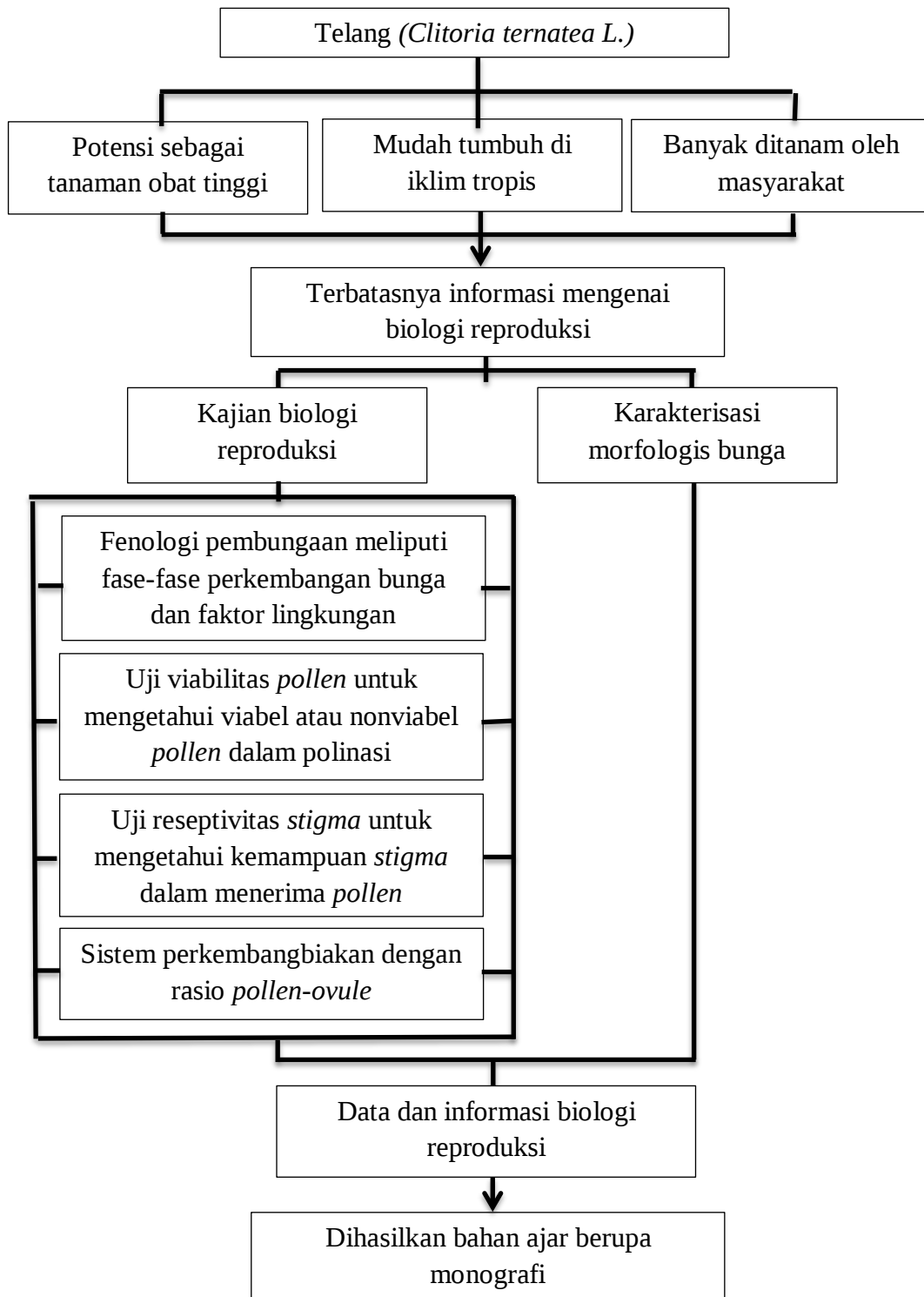
sukrosa dan panjang tabung terpanjang 2,6 mm pada SM+15% sukrosa. Lima spesies memiliki perkecambahan di atas 50% dan sebagian besar spesies memiliki viabilitas di atas 79% berdasarkan metode staining alexanders.

8. Penelitian yang dilakukan oleh Ulfah dkk. (2016), yang berjudul “Perkembangan Bunga dan Uji Viabilitas Serbuk Sari Bunga Lipstik *Aeschynanthus radicans* var. ‘Monalisa’ di Kebun Raya Bogor”. Metode yang digunakan adalah pengamatan makroskopis untuk menentukan tipe penyerbukan, sedangkan pada uji viabilitas serbuk sari menggunakan metode pengecambahan in vitro dan uji pewarnaan. Uji viabilitas dengan pengecambahan menggunakan sampel bunga yang diambil dari stadium perkembangan bunga mekar hingga gugur (H0 – H+12). Pada uji pewarnaan, menggunakan anilin blue 1% atau I₂KI 1%. Hasil pengamatan menyatakan bahwa perkembangan bunga dari inisiasi bunga hingga anthesis adalah 34-35 hari dan rata-rata masa bunga mekar selama 12-13 hari. Uji pewarnaan menunjukkan viabilitas tertinggi ditemukan pada hari pertama setelah mekar.
9. Penelitian yang dilakukan Gupta dkk. (2015) di India, berjudul “*Stigmatic receptivity determines the seed set in Indian mustard, rice and wheat crops*”. Hasil penelitian menyatakan reseptivitas *stigma* tertinggi pada hari ke-3 sampai ke-4 setelah bunga membuka untuk jagung, dan hari ke-2 sampai ke-3 untuk gandum dan padi.
10. Penelitian yang dilakukan oleh Yudistira dkk. (2020), berjudul “Kajian Fenologi Bunga dan Uji Reseptivitas *Stigma* serta Morfologi *Pollen* Anggrek Kalajengking (*Arachnis flosaeris*) di Maguwoharjo, Sleman”. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah, 1) pengamatan fenologi bunga, dilakukan

pada tumbuhan yang mempunyai bagian bunga atau batang yang sehat serta kuncup bunga kecil, 2) uji reseptivitas *stigma*, dilaksanakan dengan uji reseptif menggunakan larutan hydrogen peroksida, pengujian dilakukan dengan melihat reaksi positif terhadap larutan yang ditandai dengan terbentuknya gelembung, lama pengujian yaitu 2 hingga 5 menit. Hasil penelitian menyatakan bahwa bunga anggrek yang telah mencapai fase anthesis dapat bertahan selama rentan waktu 21 hari, untuk hasil paling optimal reseptivitas *stigma* anggrek terjadi pada saat bunga di stadium H+12 setelah anthesis.

2.2 Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk memahami fenomena biologi yang kompleks melalui kajian reproduksi bunga telang, meliputi fenologi pembungaan, pengujian viabilitas serbuk sari, pengujian reseptivitas *stigma*, dan rasio P/O, serta kajian terhadap karakteristik morfologis pada bunga Telang. Kerangka berpikir yang disusun menggambarkan hubungan antara variabel-variabel yang ada serta mendasari langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan. Berikut disajikan secara lengkap kerangka berpikir yang dapat menggambarkan penelitian yang akan dilakukan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kerangka Berpikir Penelitian.