

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung manis merupakan varietas jagung alami yang juga dikenal sebagai jagung gula hal ini dikarenakan kandungan gulanya yang tinggi. Jagung manis dipanen saat masih muda dan harus dikonsumsi segar sebelum biji jagung menjadi bertepung dan keras. Popularitas jagung manis telah meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir di seluruh dunia karena meningkatnya fokus pada kesehatan dan nutrisi. Meningkatnya konsumsi jagung manis selama beberapa tahun terakhir telah mengalihkan minat petani ke arah budidaya jagung manis. Jagung merupakan salah satu sumber bahan pangan terbaik karena kandungan seratnya yang tinggi dan mengandung vitamin C, vitamin B, magnesium, dan kalium.

Kebutuhan pasar benih jagung manis global diperkirakan mencapai USD 0,761 miliar pada tahun 2024 & pasar diproyeksikan mencapai USD 1,01 miliar pada tahun 2033, menunjukkan CAGR sebesar 3,2% selama periode perkiraan.(BRI, 2025).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik,(2023).produksi jagung meningkat tahun 2022 mencapai 16,53 juta ton. Namun pada tahun 2023 mengalami penurunan produksi yaitu hanya mencapai 14,46 juta ton, penurunan terjadi sebanyak 2,07 juta ton atau 12,50 %. Penurunan produksi jagung ini dapat disebabkan oleh berbagai factor salah satunya adalah serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) salah satunya adalah *Spodoptera frugiperda*.(Kementan.2019)

Ulat grayak jagung *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith merupakan serangga invasif yang telah menjadi hama pada tanaman jagung (*Zea mays*) di Indonesia. Serangga ini berasal dari Amerika dan telah menyebar di berbagai negara. Pada awal tahun 2019, hama ini ditemukan pada tanaman jagung di daerah Sumatera (Kementan 2019).

Pada tahun 2019 dilaporkan telah terjadi serangan *S. frugiperda* seluas 31.856 ha dengan kasus puso sebesar 120 ha, selanjutnya pada bulan januari 2020 terjadi peningkatan luas serangan sebesar 82.000 ha, serangan tertinggi terjadi pada bulan januari (Data per 5 Juni 2020) (Webinar PEI, 2020). Tingkat kerusakan yang disebabkan oleh *S. frugiperda* 22,13-46,83% (Navik *et al.*, 2021). Sedangkan menurut Kalqutny *et al*, 2021. Hama ini menyerang pertanaman tanaman jagung dengan intensitas serangan mencapai 60.12 - 87,05% sudah masuk kategori puso.

Untuk mengendalikan serangan *Spodoptera frugiferda* agar tidak meluas dan menimbulkan kerugian besar bagi petani umumnya petani melakukan pengendalian dengan menggunakan Insektisida. Pemakaian insektisida yang secara berlebihan dan tidak tepat dibidang pertanian akan mengakibatkan dampak negatif terhadap perkembangan ekosistem dan lingkungan, mematikan serangga non-target, mematikan serangga predator alami dan serangga yang bermanfaat seperti serangga penyerbuk (Noradila *et al.*, 2015). Pengendalian dengan menggunakan insektisida memang merupakan pengendalian jangka pendek yang dapat digunakan dengan cepat untuk mengatasi meluasnya persebaran hama ini. Namun penggunaan insektisida seyogyanya tidak dapat digunakan dalam jangka panjang secara terus menerus karena memiliki beberapa dampak negatif seperti:

menyebabkan resistensi, dan meningkatkan biaya produksi (Ruíz-Nájera *et al.*, 2007; Day *et al.*, 2017; Prasanna *et al.*, 2018).

Untuk mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida maka salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan strategi pengendalian hama terpadu (PHT). Pengendalian Hama Terpadu (PHT) merupakan suatu strategi dalam pengelolaan atau pengendalian organisme pengganggu tumbuhan dengan mengkombinasi berbagai teknik dengan tujuan mengurangi tingkat populasi hama sehingga masih dalam tingkat toleransi. Sistem pertanian yang mengembangkan teknik pengendalian hama dengan berbasis ekologis, salah satunya dengan teknik rekayasa lingkungan menggunakan tanaman refugia.

Menurut para ahli refugia adalah beberapa jenis tumbuhan yang dapat menyediakan tempat perlindungan, sumber pakan atau sumberdaya yang lain bagi musuh alami seperti predator dan parasitoid (Amanda, 2017). Refugia merupakan tumbuhan (baik tanaman maupun gulma) yang tumbuh disekitar tanaman yang dibudidayakan, yang dapat digunakan untuk pelestarian musuh sehingga lingkungan secara alami tercipta dengan baik. Bagi musuh alami, tanaman refugia ini memiliki banyak manfaat diantaranya adalah sebagai sumber nektar bagi musuh alami sebelum adanya populasi hama di pertanaman. Suatu konsep pemecahan masalah yang dapat diterapkan dalam pengendalian hama dengan cara menanam tanaman yang digunakan sebagai refugia sehingga konservasi predator dapat terus terjaga (Dahwati, 2018).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kehadiran bunga refugia dapat menekan populasi *Spodoptera frugiperda*, hama utama pada tanaman jagung,

melalui peningkatan keberadaan dan keanekaragaman musuh alami (Widyastuti *et al.*, 2020).

Ditemukan sebanyak sembilan spesies berperan sebagai predator *Spodoptera frugiperda* yang meliputi laba-laba *Oxyopes salticus* (Araneae: Oxyopidae), Dermaptera, lalat penyamun *Holcocephala* sp. (Diptera: Asilidae), lalat *Rainieria* sp. (Diptera: Micropezidae), kepik *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae), semut *Dolichoderus* sp., semut *Paratrechina* sp., semut *Oecophylla* sp. (Hymenoptera: Formicidae) dan belalang *Conocephalus longipennis* (Orthoptera: Tettigoniidae). (Suroto, 2021).

Bunga pukul delapan merupakan tanaman refugia yang menyediakan makanan dan tempat alternatif untuk musuh alami. Bunga pukul delapan termasuk tanaman yang memiliki peran besar dalam rangka pengendalian hama terpadu (PHT) dan merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat (beneficial plant) (Rusmarini & Mardiyanto, 2021). Beneficial plant adalah jenis-jenis tanaman penghasil nektar yang dapat dijadikan sebagai sumber makanan (food source) bagi predator dan parasitoid yang merupakan musuh alami hama tanaman kelapa sawit (Bakti *et al.*, 2018). Beberapa Musuh alami yang terasosiasi dengan *Turnera subulata* yaitu *Coccinella transversalis*, *Condylostylus* sp., *Sycanus croceovittatus* / *dichotomus*, *Cosmolestes picticeps*, *Rhynocoris rubricus*, *Odontomantis planiceps*, *Mantis religiosa*, *Eocanthecona furcellata*, *Spinaria spinator*, demikian juga dengan parasitoid ditemukan terasosiasi dengan ordo hymenoptera. (Margaretha, 2022).

Bunga *Tagetes erecta* menghasilkan nektar dan polen yang sangat disukai oleh serangga musuh alami, termasuk: Parasitoid telur dan larva seperti *Trichogramma spp.*, *Cotesia spp.*. Predator seperti *Coccinellidae* (kumbang koksi), *Chrysopidae* (lacewing), dan *Syrphidae* (lalat bunga). Ditanam di sekitar tanaman budidaya untuk meningkatkan keanekaragaman hayati dan mengurangi populasi hama. Akar *T. erecta* mengandung senyawa *thiophene* dan *lutein* yang memiliki **efek** repelan terhadap nematoda dan beberapa hama tanah. Beberapa studi menunjukkan efektivitas dalam menekan populasi: *Meloidogyne spp.* (nematoda puru akar) *Tuta absoluta* (hama tomat) *Spodoptera litura* (ulat grayak).

Dengan demikian, integrasi bunga refugia ke dalam sistem budidaya dapat menjadi strategi agroekologi yang efektif dan ramah lingkungan untuk menekan serangan *S. frugiperda*, sekaligus mengurangi ketergantungan pada insektisida kimia (Sutanto *et al.*, 2022).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah beberapa laporan telah menunjukkan adanya resistensi hama UGJ terhadap insektisida terutama golongan karbamat, organoposfat dan piretroid di Brazil, Florida, Puerto Rico dan Kenya, oleh karena itu tanaman refugia mampu menyediakan nektar dan polen sebagai sumber daya yang dibutuhkan musuh alami keragaman serangga pada tanaman refugia di areal penelitian sebagai alternatif meminimalisir penggunaan pestisida berbahan aktif kimia.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh intensitas serangan hama *Spodoptera frugiperda*
2. Untuk mengetahui pengaruh varietas advanta madu 59 dan pertiwi terhadap serangan hama ulat grayak jagung manis.
3. Untuk mengetahui interaksi antara refugia dan varietas terhadap serangan hama *Spodoptera frugiperda* jagung manis dan kehadiran musuh alami

1.4 Hipotesis Penelitian

1. Adanya pengaruh intensitas *Spodoptera frugiperda* dari serangan larva
2. Adanya pengaruh varietas advanta madu 59 dan pertiwi terhadap serangan hama ulat grayak jagung manis.
3. Ada interaksi tanaman refugia dan varietas terhadap serangan hama *Spodoptera frugiperda* jagung manis dan kehadiran musuh alami

Kerangka pemikiran penelitian

Potensi :

Dalam melakukan pengendalian hama pada tanaman jagung petani masih banyak bergantung pada pestisida berbahan aktif kimia.



Permasalahan :

1. Kurangnya informasi terkait bahaya pestisida terhadap lingkungan.
2. Adanya resistensi dan resurgensi hama ulat grayak terhadap pestisida yang terlalu sering digunakan
3. Dapat menurunkan hasil produksi bahkan kegagalan panen.



Upaya Alternatif Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dan meningkatkan musuh alami

Penggunaan sistem rekayasa agroekosistem pada tanaman refugia



Hasil :

1. Menurunkan populasi serangan hama pada tanaman jagung
2. Menjaga konservasi lingkungan
3. Meningkatkan populasi musuh alami
4. Meningkatkan hasil produktivitas dan menghemat biaya petani dalam pembelian pestisida berbahan aktif kimia.

Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*)

2.1.1. Klasifikasi Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*)

Adapun Klasifikasi dan morfologi hama ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) menurut Plessis dkk, 2018., adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Lepidoptera
Famili	: Noctuidae
Genus	: Spodoptera
Spesies	: <i>Spodoptera frugiperda</i>

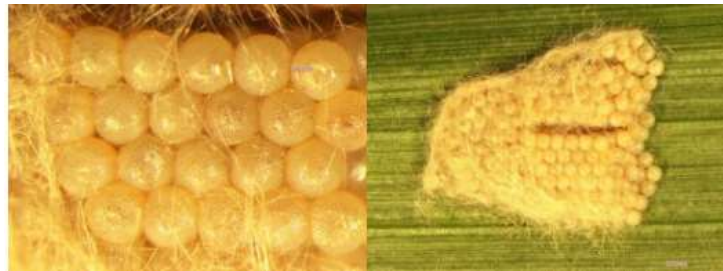
Ulat grayak *Spodoptera Frugiperda* telah menyebar di berbagai wilayah di Indonesia, sampai saat ini telah banyak petani mengalami kerugian dan sangat signifikan. Selain itu tanaman jagung menjadi rusak bahkan sampai gagal panen, sehingga petani memanfaatkan tanaman yang telah dirusak ulat grayak ini dialihkan sebagai pakan ternak mereka. Supeno dkk, (2021).

2.1.2. Bioekologi Ulat Grayak (*S. Frugiperda*)

Telur

Ngengat betina *S. frugiperda* meletakkan telur pada permukaan atau bawah daun jagung. Telur dari *S. frugiperda* memiliki bentuk bulat dengan warna kuning kecoklatan, dengan ukuran 0,475mm. Kisaran waktu untuk telur menetas adalah 1-2 hari dengan suhu rata-rata 27,55 °C dan kelembaban udara (RH) rata-rata 54%.

Telur yang akan menetas akan berwarna kehitaman yang menandakan embrio telah matang (Nurfauziyah, 2020). Telur diletakkan secara kelompok yang berkisar 200 - 300 telur yang diletakkan dalam dua hingga empat lapisan (Nadrawati, Sempurna dan Agustin, 2019).

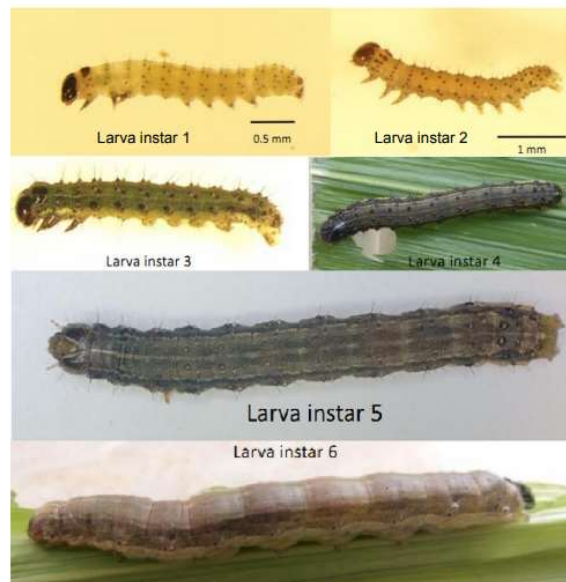


Gambar 2.1. Kelompok telur *S. frugiperda* (BBPOPT, 2020)

Larva

Setelah telur menetas kemudian terbentuk larva instar 1 (neonatus) yang akan berpencar mencari tempat perlindungan dan tempat makan. Larva yang baru saja keluar dari telurnya juga bisa memakan kulit telurnya sebagai sumber nutrisi pertama dan tidak jarang ditemukannya larva yang saling memakan (Nurfauziyah, 2020). Larva *S. frugiperda* terdiri dari 6 instar. Saat menetas larva berwarna pucat dengan garis-garis hitam dan bintik-bintik, kemudian menjadi coklat atau hijau muda, dan kemudian menjadi lebih gelap pada tahap perkembangan akhir. Lama perkembangan larva adalah 12-20 hari, mulai dari neonatus hingga menjadi larva instar akhir, tergantung kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban) Larva *S. frugiperda* menyerang tanaman jagung dengan cara menggerak daun. Larva instar 1 awalnya memakan jaringan daun dan meninggalkan lapisan epidermis yang transparan. Larva instar 2 dan 3 membuat lubang gerakan pada daun dan memakan daun dari tepi hingga ke bagian dalam. Larva instar akhir dapat menyebabkan kerusakan berat yang seringkali hanya menyisakan tulang daun dan batang tanaman

jagung. Larva *S. frugiperda* mempunyai sifat kanibal sehingga larva yang ditemukan pada satu tanaman jagung antara 1-2, perilaku kanibal dimiliki oleh larva instar 2 dan 3 (Kementerian Pertanian, 2019). Kanibalisme merupakan perilaku saling memangsa antara spesies yang sama. Perilaku kanibalisme pada *S. frugiperda* terjadi pada tahap larva, yakni larva yang lebih besar memakan larva yang lebih kecil. Perilaku kanibalisme terjadi salah 11 satunya karena kurang atau ketidaksesuaian sumber pakan yang tersedia (Suroto, Haryani dan minarni, 2019).



Gambar 2.2. Larva tiap instar (BBPOPT, 2020)

Larva pada instar akhir dapat dengan mudah diidentifikasi. Umumnya dikarakterisasi oleh tiga garis kuning bagian belakang, diikuti garis hitam dan garis kuning di samping serta memiliki panjang 3-4 cm. Larva memiliki delapan proleg dan sepasang proleg pada segmen abdominal terakhir. Jika dengan kepadatan populasi tinggi dan kekurangan makanan, instar terakhir bisa hampir hitam pada fase larvanya. Larva besar dicirikan dengan bentuk Y terbalik berwarna kuning di bagian kepala, pinacula punggung hitam dengan setae primer panjang dan terdapat

empat bintik hitam pada segmen abdomen terakhir (Nadrawati, Sempurna dan Agustin, 2019).



Gambar 2.3, Morfologi *S. frugiperda* (CABI, 2019)

Pupa Larva instar 6 yang berwarna coklat tua selanjutnya akan menjadi kurang aktif dan tidak bergerak, hal ini karena larva telah mencapai perkembangan maksimum dan memasuki fase pra pupa. Larva akan terjatuh ketanah dan masuk untuk berkembang menjadi pupa, namun larva bisa memasuki fase pupa dalam keadaan tanpa tanah dan mengikat partikel-partikel yang ada disekitarnya dengan sutra(Nurfauziah, 2020). Panjang pupa lebih pendek dibandingkan larva instar 6 dengan panjang 1,3- 1,5 cm pada jantan dan 1,6-1,7 cm pada betina, dan berwarna coklat mengkilap. Perkembangan pupa dapat berlangsung selama 12-14 hari (Nadrawati, Sempurna dan Agustin, 2019).



Gambar 2.4, Pupa *S. frugiperda* (CABI, 2019)

Ngengat (Imago)

Perubahan pupa menjadi imago terjadi saat pagi dan sore hari. Saat imago mulai keluar dari pupa sayap dari imago tersebut akan nampak terlipat (Nurfauziah, 2020). Imago *S. frugiperda* jantan dan betina memiliki perbedaan, Imago jantan memiliki panjang tubuh 1,6 cm dan lebar sayap 3,7 cm dengan sayap depan memiliki bercak berwarna coklat pada tiga perempat area dan berwarna abu-abu pada seperempat area sayap serta memiliki spot berbentuk oval. Sedangkan pada Imago betina memiliki panjang tubuh 1,7 cm dan lebar sayap 3,8 cm dengan sayap depan berbintik-bintik berwarna abu-abu dengan margin coklat gelap (Nadrawati, Sempurna dan Agustin, 2019).



Gambar 2.5, Imago jantan dan imago betina (Sharanabasappa dkk, 2018)

Dalam berkopulasi (mengadakan perkawinan) dan meletakkan telur, Imago *S. frugiperda* aktif di malam hingga pagi hari. Dalam hal meletakkan telur , imago betina dapat meletakkan telur diberbagai tanaman inang yang tersedia. Sehingga mengakibatkan keberlangsungan hidup hapa ini akan berjangka panjang dan mampu meningkatkan kisaran inang bagi hama ini (Nurfauziyah, 2020).

2.1.3. Serangan Ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*)

Intensitas serangan yang disebabkan oleh *S. frugiperda* lebih tinggi terjadi pada tanaman jagung 64,97% dibandingkan dengan tanaman kedelai 37,13% dan

padi 15,26% (Apriani *et.al.*, 2021). Hama *S. frugiperda* menyerang titik tumbuh tanaman yang dapat mengakibatkan kegagalan pembentukan pucuk/daun muda tanaman. Larva *S. frugiperda* memiliki kemampuan makan yang tinggi. Larva akan masuk ke dalam bagian daun yang bergulung ataupun bagian daun yang masih muda dan aktif makan disana, sehingga bila populasi masih sedikit akan sulit dideteksi. Imagonya merupakan penerbang yang kuat dan memiliki daya jelajah yang tinggi (CABI, 2019).

Kepadatan rata-rata populasi 0,2-0,8 larva per tanaman dapat mengurangi hasil 5-20%. Kerusakan pada tanaman biasanya ditandai dengan bekas gerakan larva, yaitu terdapat serbuk kasar menyerupai serbuk gergaji pada permukaan atas daun, atau disekitar pucuk tanaman jagung (Mega *et.al.*,2021). *S. frugiperda* adalah hama yang berasal dari benua Amerika dan telah menyebar ke berbagai wilayah Afrika dan Asia juga dilaporkan menyerang tanaman jagung pertama kali di Indonesia pada tahun 2019 di Lampung dan Jawa Barat (Trisyono, 2019). Pada tahun 2019, *S. frugiperda* dilaporkan sudah ditemukan pada pertanaman jagung di 27 Provinsi di Indonesia termasuk Provinsi Maluku yakni pada Kabupaten Buru di Kecamatan Lolongguda, Waeapo danWaelata. Sedangkan di Kota Ambon terdapat di Kecamatan Teluk Ambon dan Baguala. Pada tahun 2021, *S. frugiperda* telah menyebar di 28 Provinsi di Indonesia termasuk Maluku Utara (BBPOPT, 2020). Penyebaran hama ini termasuk sangat cepat, karena kemampuan terbang *S. frugiperda* dalam menempuh jarak sejauh ratusan kilometer dengan bantuan angin bahkan dalam satu malam (Westbrook, *et.al.*, 2016).

Berdasarkan hasil peneitian Ruisah (2021), hama *S. frugiperda* menyerang pertanaman jagung pada umur 1 minggu. Hama ini menyerang mulai fase vegetatif

hingga fase generatif. Serangan hama pada fase vegetatif memiliki ciri khas yaitu ditandai dengan adanya serbuk kasar berwarna coklat menyerupai gergaji dan pada fase generatif hama ini menyerang tongkol dan bunga jantan.



Gambar 2.6, Tanda serangan *S. frugiperda*

Larva *S. frugiperda* ditemukan pada pucuk tanaman. Pucuk tanaman yang terserang bila daun belum membuka penuh (kuncup) tampak berlubang dan terdapat banyak kotoran fases larva. Jika daun sudah terbuka maka akan terlihat banyak bagian daun yang rusak, berlubang bekas gerakan larva. Larva biasanya menetap pada pucuk tanaman. Namun gejala serangan *S. frugiperda* pada pucuk tanaman jagung mirip dengan gejala yang disebabkan oleh larva *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). Sehingga penentuan serangan *S. frugiperda* menjadi bias jika tidak diamati secara langsung keberadaan larva serangga yang menyebabkan kerusakan pada pucuk tanaman jagung (Maharani dkk, 2019) Pada kondisi hangat, seekor ngengat betina dapat bertelur 6 hingga 10 kelompok telur yang terdiri dari 100 - 300 butir telur. Menghasilkan 1.500 hingga 2.000 telur dalam semasa hidupnya (2-3 minggu). Seperti kebanyakan hama lainnya, sebagian besar telur tidak berkembang hingga dewasa karena terjadinya kematian di berbagai siklus hidupnya

2.1.4. Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*)

Pengendalian Mekanis

Pengendalian mekanis terhadap *S. frugiperda* dilakukan dengan cara manual seperti mengambil telur atau larva secara langsung dari tanaman serta memusnahkan kelompok telur yang ditemukan. Praktik ini efektif pada fase awal serangan, terutama di lahan dengan skala kecil atau sedang. Menurut FAO (2021), pengambilan telur dan larva secara manual dapat menekan populasi awal hama, terutama jika dilakukan serempak oleh petani dalam satu hamparan. Selain itu, penggunaan perangkap lampu atau pheromone trap juga termasuk metode mekanis yang dapat memantau dan mengurangi populasi ngengat dewasa.

Pengendalian Kultur Teknik

Pengendalian kultur teknik mencakup berbagai strategi budidaya untuk mengurangi ketertarikan dan keberlangsungan hidup *S. frugiperda*. Teknik ini meliputi penanaman serempak, rotasi tanaman, dan pemanfaatan tanaman perangkap seperti jagung varietas lokal atau tanaman lain yang lebih disukai hama. Menurut Huesing et al. (2018), rotasi tanaman dan pengolahan tanah dapat mengganggu siklus hidup larva serta mengurangi sumber makanan utama. Penanaman serempak juga dapat meminimalisir keberadaan tanaman muda yang rentan diserang larva awal, sehingga menurunkan populasi secara signifikan.

Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati merupakan pendekatan ramah lingkungan dengan memanfaatkan musuh alami seperti parasitoid, predator, dan patogen serangga. Beberapa musuh alami *S. frugiperda* yang efektif antara lain parasitoid *Telenomus remus* dan *Trichogramma spp.*, serta patogen seperti *Bacillus thuringiensis* (Bt) dan

virus NPV (nuclear polyhedrosis virus). Menurut Shylesha et al. (2018), *Telenomus remus* mampu menyerang hingga 80% kelompok telur *S. frugiperda* di lapangan, menjadikannya agen pengendali potensial. Selain itu, formulasi Bt komersial seperti *Dipel*® juga efektif menyebabkan kematian larva dalam waktu singkat setelah termakan.

Pengendalian Kimia

Pengendalian kimia dengan insektisida masih banyak digunakan, terutama saat populasi hama sudah tinggi dan kerusakan signifikan mulai tampak. Namun, pemilihan jenis insektisida dan waktu aplikasi harus tepat agar tidak menyebabkan resistensi dan pencemaran lingkungan. Menurut Siswanto et al. (2021), insektisida berbahan aktif klorantraniliprol, spinetoram, atau emamektin benzoat menunjukkan efektivitas tinggi terhadap larva *S. frugiperda*. Penggunaan harus mengikuti prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT) agar tidak membahayakan musuh alami dan kesehatan manusia.

Pengendalian Genetik

Pengendalian genetik dapat dilakukan melalui penggunaan jenis varietas jagung transgenik yang mengandung gen *Bacillus thuringiensis* (Bt), dan menghasilkan protein toksik bagi larva *S. frugiperda*. Tanaman jagung yang mengandung *Bacillus thuringiensis* (Bt) mampu menurunkan populasi hama secara signifikan tanpa aplikasi insektisida. Menurut James (2017), jagung Bt telah terbukti menurunkan serangan hama ini di berbagai negara, termasuk Brasil dan Amerika Serikat. Meskipun demikian, keberlanjutan teknologi ini memerlukan strategi resistensi seperti penanaman refugia (tanaman non-Bt di sekitar tanaman Bt).

Pengendalian Perilaku (Atraktan dan Repelan)

Pengendalian perilaku memanfaatkan senyawa atraktan seperti feromon seks untuk memikat ngengat jantan ke dalam perangkap, sehingga mengganggu proses kawin. Feromon sintetis juga digunakan untuk monitoring populasi hama di lapangan. Menurut Bateman *et al.* (2021), penggunaan perangkap feromon tidak hanya membantu dalam deteksi dini serangan, tetapi juga efektif dalam mengurangi populasi jantan bila dipasang dalam jumlah cukup dan merata di lahan. Selain itu, penggunaan senyawa repelan nabati juga sedang dikembangkan untuk mengurangi ketertarikan hama pada tanaman inang.

Pemanfaatan Tanaman Refugia

Penggunaan *refugia* sebagai bagian dari strategi pengendalian hayati terbukti memberikan dampak signifikan dalam menekan populasi *Spodoptera frugiperda*, hama invasif utama pada tanaman jagung. *Refugia* berfungsi sebagai habitat alternatif yang mendukung kelangsungan hidup musuh alami seperti parasitoid dan predator serangga, sehingga meningkatkan keberadaan dan efektivitas mereka dalam mengendalikan populasi hama (Gurr *et al.*, 2017). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penanaman tanaman refugia seperti bunga matahari, kenikir (*Cosmos sulphureus*), dan tanaman berbunga lainnya mampu meningkatkan keragaman dan kelimpahan musuh alami, seperti *Cotesia marginiventris* dan *Trichogramma spp.*, yang merupakan agen pengendali penting terhadap telur dan larva *S. frugiperda* (Wyckhuys *et al.*, 2020; Rwomushana *et al.*, 2019). Dengan menyediakan sumber pakan tambahan berupa nektar dan tempat berlindung, *refugia* mendukung siklus hidup musuh alami secara lebih stabil dan berkelanjutan, sehingga memperkuat kontrol biologis secara alami di lapangan. Selain itu, sistem

refugia dinilai ramah lingkungan karena mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia, yang justru dapat memperburuk resistensi hama dan merusak ekosistem pertanian (FAO, 2021). Oleh karena itu, penerapan *refugia* dalam sistem pertanian terpadu menjadi pendekatan yang efektif dan berkelanjutan dalam mengelola populasi *S. frugiperda*.

2.2. Tanaman Jagung (*Zea mays*)

2.2.1. Klasifikasi Tanaman Jagung

Secara umum tanaman jagung dalam tata nama atau sistematika (*Taksonomi*) tumbuh-tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivision	: Spermatophyta
Division	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Subclass	: Commelinidae
Order	: Cyperales
Family	: Poaceae
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays saccharata</i> (USDA, 2014).

2.2.2. Morfologi Tanaman Jagung

Tanaman jagung terbagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu akar, batang, daun, bunga dan buah (tongkol).

Akar

Jagung merupakan tanaman yang berakar serabut yang mempunyai tiga macam akar yakni akar seminal, akar adventif dan akar kait atau disebut penyangga. Akar seminal yaitu akar yang perkembangannya dari radikula dan embrio. Pertumbuhan akar seminal yaitu akar yang perkembangannya dari radikula dan embrio. Pertumbuhan akar seminal yaitu tumbuh melambat setelah plumula muncul ke atas permukaan tanah. Akar adventif yaitu akar yang muncul dari buku di ujung mesokotil, lalu berembang dari tiap buku secara berurutan antara 7-10 buku, akar adventif ini akan menjadi akar serabut yang tebal. Sedangkan akar

seminal mempunyai peran sedikit dalam siklus pertumbuhan jagung. Akar kait atau akar penyangga yaitu akar adventif yang muncul dalam tiga atau dua buku dibagian atas permukaan tanah.



Gambar.2.7, Akar adventif tanaman jagung manis

Akar penyangga ini mempunyai fungsi untuk menjaga tanaman supaya tetap tegak dan dapat mengatasi rebah batang, yang mempunyai manfaat sebagai penyerapan hara dan air . Proses perkembangan akar jagung kedalam dan penyebarannya bergantung pada varietas jagung, fisik, pengolahan dan kimia tanah Wahyudi (2019).

Batang

Batang tanaman jagung tidak bercabang dan kaku. Bentuk batangnya silinder dan terdiri atas beberapa ruas serta buku ruas. Adapun tingginya tergantung varietas dan tempat penanaman, umumnya berkisar 60 – 250 cm (Paeru dan Dewi, 2017).



Gambar.2.8, Batang tanaman jagung manis

Dalam dua tunas teratas akan berkembang menjadi tongkol produktif yang memiliki tiga komponen jaringan paling utama, yaitu kulit (epidermis), jaringan pembuluh (bundles vaskuler), dan pusat batang (pith). Genotip jagung semakin kuatnya batang maka semakin banyak lapisan jaringan sklerenkim berdingding tebal di bawah epidermis batang dan di sekitar bundles vaskuler (Subekti, Syarifudin, Efendi dan Sunarti, 2007).

Daun

Paeru dan Dewi, (2017) menyatakan bahwa tanaman jagung manis memiliki daun yang panjang dan lebarnya agak seragam. Lembar daun berselang-seling dan bentuk seperti rumput. Tulang daun terlihat jelas dengan bentuk termasuk tulang daun sejajajr. Tanaman jagung umumnya mempunyai daun yang berkisar antara 10- 18 helai. Proses munculnya daun sempurna berada pada hari ke 3-4 setiap daun. Besar sudut suatu daun mempengaruhi tipe daun.



Gambar 2.9, Daun tanaman jagung manis

Jagung mempunyai daun yang beragam mulai dari sangat kecil hingga sangat besar. Bentuk ujung daun juga berbeda yaitu, ada yang runcing, runcing agak bulat, bulat, bulat agak tumpul, dan tumpul. Sedangkan berdasarkan tipe daun digolongkan menjadi 2, yaitu tegak dan menggantung. Untuk pola daun bisa

berbentuk bengkok atau lurus. Daun yang mempunyai tiep tegak memiliki kanopi kecil dan bisa ditanam pada kondisi 8 populasi tinggi. Kepadatan tanaman yang tinggi dapat memberikan hasil yang tinggi pula (Bilman, 2001).

Bunga

Bunga jagung juga termasuk bunga tidak lengkap karena tidak memiliki petal dan sepal. Alat kelamin jantan dan betinanya juga berada pada bunga yang berbeda sehingga disebut bunga tidak sempurna. Bunga jantan terdapat di ujung batang. Adapun bunga betina terdapat di ketiak daun ke -6 atau ke -8 dari bunga jantan (Paeru dan Dewi, 2017). Tanaman jagung memiliki bunga jantan dan juga bunga betina yang letaknya terpisah.



Gambar 2.10, Bunga tanaman jagung manis

Bunga jantan terdapat pada malai bunga di ujung tanaman, sedangkan bunga betina terdapat pada tongkol jagung. Bunga betina dan tongkol dapat muncul dari perkembangan axillary apices tajuk. Sedangkan, pertumbuhan bunga jantan (tassel) melakukan pertumbuhan dari titik tumbuh apical pada ujung tanaman.

Penyerbukan jagung dapat terjadi apabila serbuk sari dari bunga jantan menempel dirambut tongkol. Tanaman jagung adalah protandri, yang mana sebagian besar varietas, bunga jantannya akan muncul pada hari ke 1-3 sebelum

mucul rambut tongkol. Serbuk sari (pollen) mulai terlepas dari spikelet yang berbeda pada spike di tengah berukuran 2-3 cm dari ujung mulai (tassel), selanjutnya polen akan turun ke bawah dan pada satu bulir anther akan melepas 15-30 juta serbuk sari. Karena sangat ringan serbuk sari akan jatuh melalui gerak gravitasi atau bisa tertiuap angin. Penyerbukan ini disebut penyerbukan silang. Proses penyerbukan ini bisa terjadi apabila serbuk sari yang berasal dari bunga jantan menempel pada rambut tongkol (Bilman, 2001).

Tongkol dan Biji

Tongkol tanaman jagung terdiri dari 1 atau 2 tongkol dalam satu tanaman, tergantung jenis varietas tanaman tersebut. Daun kelobot adalah daun yang menyelimuti tongkol jagung. Letak tongkol jagung berbeda pada bagian atas dan pada umumnya terbentuk lebih awal dan lebih besar dibandingkan dengan tongkol jagung yang terletak pada bagian bawah. Setiap tongkol jagung terdiri atas 10-16 baris biji.



Gambar 2.11, Tongkol tanaman jagung manis

Biji tanaman jagung terdiri dari 3 bagian utama, yakni dinding sel, endosperma, dan embrio. Bagian biji merupakan bagian yang terpenting dari hasil pemanenan (Permanasari dan Kastono, 2012).

Biji jagung terdiri atas empat bagian utama, yaitu: kulit luar (perikarp) (5 %), lembaga (12 %), endosperma (82 %) dan tudung biji (tin cap) (1 %). Kulit luar 10 merupakan bagian yang banyak mengandung serat kasar atau karbohidrat yang tidak larut (non pati), lilin dan beberapa mineral. Lembaga banyak mengandung minyak. Total kandungan minyak dari setiap biji jagung adalah 4 %. Sedangkan tudung biji dan endosperm banyak mengandung pati. Pati dalam tudung biji adalah pati yang bebas sedangkan pati pada endosperm terikat kuat dengan matriks protein (gluten). Budiman, (2013).

2.2.3. Syarat Tumbuh

Jagung manis dapat tumbuh hampir di semua tipe tanah dengan pengairan yang baik. Kondisi PH tanah yang cocok untuk pertumbuhan jagung manis berkisar 6.0 – 6.5. Tanaman jagung manis dapat beradaptasi di kondisi iklim yang luas yaitu pada 58⁰LU – 40⁰LS dengan rentang ketinggian ± 3000 mdpl. Kondisi temperatur, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan panjang hari untuk pertumbuhan jagung manis yang optimum tidak jauh berbeda dengan kondisi yang diperlukan jagung biasa perkecambahan benih optimum terjadi pada temperatur 21⁰C– 27⁰ C.

Pertumbuhan bibit dan tanaman dapat berlangsung pada kisaran suhu 10⁰C – 40⁰C setelah berkecambah, tetapi pertumbuhan terbaik pada suhu antara 21⁰C – 30⁰C. Beberapa kultivar dapat dipanen secepatnya pada umur 70 hari (18 – 24 hari setelah penyerbukan), sedangkan kultivar berumur dalam memerlukan lebih dari 110 hari untuk bisa dipanen (Rubatzky and Yamaguchi, 1998).

Untuk dapat tumbuh optimal, jagung memerlukan penyinaran matahari yang penuh. Tanaman jagung yang ditanam ditempat yang ternaungi, batang tanaman jagung menjadi kurus dan tongkol ringan sehingga dapat menyebabkan produksi

menurun (Wakman dan Burhanuddin, 2007). Tanaman jagung sangat membutuhkan intensitas cahaya matahari yang cukup untuk berfotosintesis dan berproduksi karena tanpa intensitas cahaya yang cukup maka bunga tidak dapat menjadi buah (Rochani, 2003).

Curah hujan optimal yang dikehendaki untuk tanaman jagung antara 85 - 100 mm/bulan merata sepanjang pertumbuhan tanaman. Fase pembungaan dan pengisian biji, tanaman jagung perlu mendapatkan air cukup yang cukup (Wakman dan Burhanuddin, 2007). Secara umum, hama dan penyakit yang menyerang jagung manis tidak jauh berbeda dengan hama dan penyakit yang menyerang jagung biasa. Hama yang menyerang jagung diantaranya adalah ulat tanah (*Agrotis interjectionis*), ulat penggerek jagung (*Ostrinia furnacalis*), dan ulat penggerek tongkol (*Heliothis armigera*). Selain hama, terdapat beberapa penyakit yang bisa menyerang tanaman jagung manis yaitu : penyakit bulai yang disebabkan cendawan *Peronosclerospora maydis*, penyakit hawar daun yang disebabkan oleh *Ezserohilum turcicum*, dan penyakit karat yang disebabkan oleh *Puccinia sorghi*.

2.3. Tanaman Refugia

Tanaman refugia adalah tanaman berbunga yang ditanam di sekitar lahan budidaya tanaman utama dan berfungsi sebagai tempat hidup serta sumber pakan alternatif (nektar dan polen) bagi musuh alami hama (Widiarta et al. 2016).

Tanaman refugia umumnya memiliki warna mencolok dengan aroma khas sehingga mengundang serangga untuk datang. Kehadiran serangga pada tanaman refugia karena warna pada bunga refugia dapat mempengaruhi spectrum penglihatan serangga. Selain warna, serangga predator dan parasitoid juga dapat mendeteksi bunga melalui adanya senyawa aromatic yang dihasilkan oleh bunga

refugia (Landis et al., 2000). Serangga juga tertarik dari ukuran, bentuk, periode berbunga serta kandungan nektar dan polen yang ada pada bunga refugia (Wardana et al., 2017). Refugia juga menjadi alternative sumber makanan bagi predator yaitu nektar maupun madu yang berasal dari bunga dan memangsa hama yang hinggap ditanaman refugia. Menurut Wahyuni dkk, (2013) selain predator mendapatkan nektar dan madu dari tanaman refugia, predator juga mencari herbifora pada tanaman refugia yang di kunjungi. Kondisi ini membuat predator dapat menjadi lebih mudah dalam mencari mangsa. (Muhibah dan Leksono, 2015).

Dengan kehadiran tumbuh tumbuhan berbunga pada areal budidaya tanaman utama memiliki peran sangat penting untuk melestarikan populasi musuh alami didalam ekosistem seperti agroekosistem (Kurniawati dan Edhi, 2015). Menurut Purwantiningsih *et al*, (2012) penanaman tanaman refugia sebaiknya sebelum tanaman utama agar dapat dimanfaatkan oleh predator dan parasitoid serta serangga pollinator sebagai tempat berlindung dan berkembang. Tanaman refugia selain sebagai konservasi musuh alami juga dapat menekan biaya produksi. Menurut Wahyuni, (2017). tingginya jumlah predator di lahan organik dikarenakan lahan organik memiliki keragaman tumbuhan berbunga yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lahan konvensional.

2.3.1. Tanaman rifugia *Tagetes erecta* (marigold)

Klasifikasi tanaman refugia *Tagetes erecta* sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyta*
Class : *Dicotyledonae*
Ordo : *Asterales*

Family : *Compositae*
Genus : *Tagetes*
Spesies : *Tagetes erecta*

(Diantari, 2017)

Marigold (*Tagetes* spp.) adalah tanaman refugia yang terkenal yang mengeluarkan senyawa volatil tertentu yang dikenal dapat menghalau atau mencegah serangan hama. Senyawa-senyawa ini, seperti limonen dan oksimen, bertindak sebagai penghalau serangga alami, mengganggu perilaku pencarian inang dari hama seperti *S. exigua* (Liu et al. 2018). Zat warna yang dihasilkan tanaman *Tagetes erecta* (marigold) ialah lutein, karotein, yang larut dalam lemak. Jenis karotenoid yang larut adalah karotenoid berwarna kuning seperti karotein (a dan b karotein) dan xantofin (lutein dan zeaxantin). Bunga *Tagetes erecta* mengandung karotenoid sebesar 680 mg/kg dan xantofil 153,32 mg/kg. Selain karotenoid bunga *Tagetes erecta* mengandung flavonoid, polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan alami. (Lisdayani, 2018).

Selain tanama pengusir hama *Tagetes erecta* juga menarik predator serangga seperti: *Coccinellidae* (kumbang koksi), *Syrphidae* (lalat bunga), *Chrysopidae* (lacewing/hama hijau), Kehadiran tanaman ini berkontribusi pada stabilisasi populasi predator di sekitar pertanaman utama. (Fitriana, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian Erdiansyah et al, (2018). Dinyatakan bahwa terdapat beberapa serangga tertangkap berupa musuh alami baik predator maupun parasitoid dan juga serangga yang menjadi hama pada tanaman refugia itu sendiri maupun yang terdapat pada tanaman padi serta pollinator yang berada pada tanaman refugia Fase generatif teridentifikasi populasi musuh alami sebanyak 82

jenis. Sedangkan hama yang teridentifikasi pada tanaman refugia bunga *Tagetes erecta* mengalami penurunan yaitu sebanyak 37 jenis. Karena bunga Marigold ini memiliki masa tumbuh yang terbatas yaitu hanya 20 kali berbunga. Seperti yang disampaikan oleh Wardana et al, (2017), bahwa tanaman refugia biasanya memiliki warna yang cenderung mencolok serta memiliki aroma khas. Sehingga semakin menurunnya populasi bunga *Tagetes erecta* juga akan mempengaruhi populasi musuh alami yang berada pada bunga *Tagetes erecta*.



Gambar 2.12, Tanaman *Tagetes erecta* (Marigold)

Seperti yang disampaikan oleh Erdiansyah et al., (2017), bahwa pada saat umur tanaman refugia ini masih muda atau belum berbunga maka serangga hama, predator maupun parasitoid sedikit sekali yang tertarik dan hinggap. Tanaman refugia yang biasa ditanam yaitu tanaman refugia yang cenderung memiliki warna mencolok serta memiliki aroma khas dari tanaman refugia tersebut. Karena warna dapat mempengaruhi spectrum penglihatan serangga (Wardana et al, 2017). Sesuai dengan tanaman bunga marigold yang digunakan ini memiliki warna mencolok dan aroma khas. Sehingga dapat menarik serangga baik hama maupun musuh alami yang dapat teridentifikasi.

2.3.2. Tanaman refugia *Turnera subulata* (Bunga kembang pukul delapan)

Turnera subulata merupakan salah satu spesies tumbuhan berbunga yang dikenal luas sebagai tanaman hias dan juga digunakan dalam sistem pertanian sebagai tanaman refugia. Secara taksonomi, *Turnera subulata* diklasifikasikan sebagai berikut (Stevens, 2021):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Dilleniidae
Ordo	: Violales
Famili	: Turneraceae
Genus	: <i>Turnera</i>
Spesies	: <i>Turnera subulata</i>

Turnera subulata merupakan tanaman semak kecil yang memiliki bunga mencolok berwarna putih kekuningan dengan pusat berwarna gelap. Tumbuhan ini biasa ditemukan di daerah tropis dan sub-tropis, termasuk wilayah Indonesia. Bunga *T. subulata* memiliki kebiasaan mekar pada pagi hari, sehingga sering dijuluki sebagai "bunga pukul delapan." (Sebagai tanaman refugia, *Turnera subulata* memiliki fungsi penting dalam ekosistem pertanian. Tumbuhan ini menghasilkan nektar dan polen yang mendukung keberadaan musuh alami hama, (Widiarta et al. 2016). Selain nektar dan pollen bunga *Turnera subulata* juga

mengeluarkan senyawa volatil aromatik (senyawa organik mudah menguap) yang dapat berfungsi sebagai semiokim — zat kimia yang memediasi interaksi antara organisme. Zat volatil ini kemungkinan termasuk: Monoterpenoid, Sesquiterpenoid, Fenilpropanoid Senyawa-senyawa tersebut diketahui menarik berbagai serangga penyerbuk dan musuh alami. (Gonzalez et al. 2006).



Gambar 2.13, Tanaman *Turnera subulata* (Bunga kembang pukul delapan)

Berdasarkan hasil penelitian oleh Balitbangtan, 2019. menunjukkan bahwa *Turnera subulata* efektif sebagai refugia dalam sistem budidaya padi dan jagung. Tanaman ini membantu mempertahankan populasi musuh alami saat populasi hama rendah atau saat musim tanam belum aktif. Widiarta et a, .(2016). mencatat bahwa keberadaan *Turnera subulata* meningkatkan tingkat parasitisme telur hama, termasuk *Spodoptera frugiperda*.

Keberadaan *Turnera subulata* dalam mengendalikan hama spodoptera frugiferda yaitu melalui kehadiran musuh alami yang bersifat parasit dan parasitoid. Dari hasil penelitian Nuban et all, (2022) yang dilaksanakan di PT. Wira Inova Nusantara, Desa Susuk Kecamatan Sandaran, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur diperoleh Jenis-jenis kumbang predator pada saat pengamatan

di plot-plot *Turnera subulata* sebagai berikut: *Eocanthecona furcellata*, *Cosmolestes sp*, *Sycannus dichotomus*, *Spinaria spinator*, *Fornicia sp*, dan *Chaetexorista javana*. Selain itu terdapat beberapa serangga lainnya, yang berasosiasi pada tanaman *Turnera subulata*, seperti lebah, lalat, dan semut, hal ini menunjukkan bahwa tanaman *Turnera subulata* memiliki sesuatu yang dibutuhkan oleh musuh alami (predator dan parasitoid) untuk bertahan hidup. Predator tidak hanya memangsa satu mangsanya, tetapi lebih dari satu mangsa untuk memenuhi perkembangan hidupnya agar dapat tumbuh dengan baik, dan sering kali memangsa secara rakus agar dapat bereproduksi. Acari, Arachnida, Opiliones, dan laba- laba adalah predator pada umumnya, serta serangga dengan ordo Odonata (capung), Diptera (lalat) dan Hymenoptera (lebah, semut, dan tawon) juga terdapat spesies musuh alami yang berperan sangat penting pada sistem pertanian berkelanjutan. Walaupun terdapat pengecualian, rata-rata predator adalah pemakan generalis yang memakan lebih dari satu tingkat trofik. (Cock et al., 2012)

Maka dari pada itu perlu adanya tempat konservasi tanaman *Turnera subulata* dalam upaya meningkatkan jumlah populasi kumbang musuh alami. Peningkatan jumlah musuh alami akan mempengaruhi populasi hama *Spodoptera frugiferda* di lapangan.