I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara konsisten mempertahankan posisinya sebagai salah satu produsen utama minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) di tingkat global dengan tren luas areal perkebunan yang terus meningkat (Pusdatin Kementan, 2024). Industri kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional karena menjadi salah satu komoditas perkebunan yang penting bagi sektor ekonomi. Keberhasilan produksi kelapa sawit tidak hanya ditentukan oleh pertumbuhan vegetatif, tetapi juga oleh keberhasilan proses reproduksi, khususnya pembentukan buah atau *fruit set* (Sujadi dan Supena, 2020). Rendahnya persentase *fruit set* dapat menyebabkan penurunan hasil produksi karena tidak seluruh bunga betina berkembang menjadi buah secara optimal (Sobari *et al*., 2019). Kondisi tersebut juga dapat meningkatkan pembentukan buah partenokarpi, yaitu buah yang berkembang tanpa melalui proses pembuahan sehingga tidak memiliki inti atau biji yang berkembang sempurna (Onoja *et al*., 2018). Oleh karena itu, peningkatan keberhasilan pembentukan buah menjadi salah satu aspek penting dalam mempertahankan produktivitas tanaman kelapa sawit.

Keberhasilan pembentukan buah tersebut berkaitan erat dengan keberhasilan proses penyerbukan, terutama ketersediaan polen ketika bunga betina berada pada fase reseptif. Fase reseptif merupakan kondisi ketika kepala putik telah siap menerima polen untuk berlangsungnya proses pembuahan (Sujadi dan Supena, 2020). Pada kondisi alami, proses perpindahan polen pada tanaman kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh keberadaan kumbang penyerbuk *Elaeidobius kamerunicus* (Nasir *et al*., 2020). Namun, efektivitas penyerbukan alami tidak selalu berlangsung secara optimal karena dipengaruhi oleh berbagai kondisi lingkungan dan biologis. Fluktuasi populasi serangga penyerbuk dapat mengurangi keberhasilan transfer polen ke bunga betina (Sobari *et al*., 2018). Kondisi cuaca yang ekstrem juga dapat menghambat aktivitas terbang serangga penyerbuk sehingga perpindahan polen tidak berlangsung secara optimal (Melendez dan Ponce, 2016). Selain itu, ketidakseimbangan waktu mekar antara bunga jantan dan bunga betina dapat menyebabkan ketersediaan polen tidak sesuai dengan waktu reseptif bunga betina (Bazurto *et al*., 2018). Kondisi topografi lahan, seperti kemiringan yang ekstrem, juga dapat memengaruhi efisiensi perpindahan polen oleh serangga penyerbuk (Dravel *et al*., 2013). Berbagai kendala tersebut menunjukkan bahwa penyerbukan alami belum selalu mampu memenuhi kebutuhan polen untuk mendukung pembentukan buah secara optimal.

Kondisi tersebut menyebabkan penyerbukan bantuan atau *assisted pollination* diperlukan sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan keberhasilan penyerbukan pada tanaman kelapa sawit. Penyerbukan bantuan dilakukan untuk memastikan ketersediaan polen pada bunga betina sehingga peluang terjadinya pembuahan dapat ditingkatkan. Penerapan penyerbukan bantuan menjadi penting terutama pada kondisi ketika efektivitas penyerbukan alami tidak mencukupi untuk mencapai target produksi (Dravel *et al*., 2013). Penggunaan teknik penyerbukan bantuan juga berperan dalam mendukung pembentukan buah yang normal (Alvarez *et al*., 2021). Dengan demikian, keberhasilan penyerbukan bantuan tidak hanya ditentukan oleh ketepatan waktu dan cara aplikasi, tetapi juga oleh kualitas polen yang digunakan. Polen yang digunakan dalam penyerbukan perlu memiliki karakteristik yang sesuai agar mampu mendukung proses pembuahan secara

optimal. Oleh sebab itu, pengkajian terhadap kualitas polen menjadi bagian penting dalam upaya meningkatkan efektivitas penyerbukan bantuan pada tanaman kelapa sawit.

Kualitas polen dapat ditinjau berdasarkan karakteristik morfologi dan kondisi fisiologisnya. Karakteristik morfologi polen, terutama ukuran dan keseragaman, penting diperhatikan karena dapat memengaruhi kualitas bahan yang digunakan dalam penyerbukan bantuan. Keseragaman ukuran polen berkaitan dengan kemurnian dan keseragaman materi yang diaplikasikan pada bunga betina (Sobari *et al*., 2019). Penggunaan polen dengan ukuran yang seragam melalui proses pengayakan menggunakan *mesh* juga telah diterapkan dalam penyerbukan buatan tanaman kelapa sawit (Sobari *et al*., 2018). Selain karakteristik morfologi, kualitas fisiologis polen juga menjadi faktor penting karena menentukan kemampuan polen untuk tetap hidup dan menjalankan fungsi reproduksinya. Integritas fisiologis polen dapat mengalami penurunan akibat kondisi lingkungan dan penyimpanan yang tidak sesuai (Youmbi *et al*., 2015). Suhu dan lama penyimpanan yang tidak tepat dapat meningkatkan aktivitas respirasi seluler sehingga cadangan energi polen berkurang dan menyebabkan penurunan viabilitas (Samudra dan Herawati, 2020). Oleh karena itu, evaluasi karakteristik morfologi dan kualitas fisiologis polen diperlukan untuk mengetahui kondisi polen sebelum digunakan dalam penyerbukan bantuan.

Evaluasi kualitas fisiologis polen dapat dilakukan melalui pengujian viabilitas dan germinasi. Viabilitas merupakan kemampuan polen untuk tetap hidup dan menjalankan fungsi fisiologis yang diperlukan dalam proses perkecambahan. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi viabilitas polen adalah *staining* atau pewarnaan histokimia. Mosquera *et al*., (2021) menggunakan pewarnaan asetokarmin untuk mengevaluasi viabilitas polen kelapa sawit dan membandingkannya dengan pengujian germinasi *in vitro*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa persentase polen viabel berdasarkan pewarnaan asetokarmin lebih tinggi dibandingkan persentase germinasi *in vitro*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa polen yang menunjukkan karakteristik viabel berdasarkan pewarnaan belum tentu mampu berkecambah dan membentuk tabung polen. Metode *staining* lebih menunjukkan keberadaan komponen atau aktivitas fisiologis tertentu pada polen, sedangkan pengujian germinasi memberikan gambaran mengenai kemampuan polen untuk berkecambah dan membentuk tabung polen secara aktual (Mosquera *et al*., 2021). Oleh karena itu, pengamatan viabilitas dan germinasi dapat digunakan untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai kualitas fisiologis polen sebelum diaplikasikan dalam penyerbukan bantuan.

Keberhasilan germinasi polen secara *in vitro* tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi fisiologis polen, tetapi juga oleh kondisi media dan lingkungan selama proses perkecambahan. Salah satu komponen penting dalam media germinasi adalah gula yang berfungsi sebagai sumber energi bagi aktivitas metabolisme polen (Youmbi *et al*., 2015). Gula juga berperan sebagai agen osmotik yang membantu mengatur keseimbangan tekanan cairan antara bagian dalam dan luar sel polen (Myint *et al*., 2012). Oleh karena itu, berat gula dalam media perlu diperhatikan karena jumlah yang tidak sesuai dapat menyebabkan kondisi osmotik yang tidak optimal bagi polen. Kondisi tersebut dapat menghambat proses perkecambahan dan dalam keadaan tertentu dapat menyebabkan kerusakan sel akibat tekanan osmotik

yang berlebihan (Youmbi *et al*., 2015). Selain berat gula, lama inkubasi dan suhu juga menjadi kondisi yang perlu diperhatikan dalam pengujian karena dapat memengaruhi proses perkecambahan dan pertumbuhan tabung polen. Adanya beberapa faktor yang dapat memengaruhi respons viabilitas, diameter polen, dan panjang tabung polen menyebabkan diperlukan pendekatan yang mampu mengidentifikasi faktor yang berpengaruh serta menentukan kondisi perlakuan yang optimal.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan metode percobaan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh beberapa faktor secara bersamaan dan menentukan kombinasi perlakuan yang menghasilkan respons optimal. *Two-Level Full Factorial Design* dapat digunakan pada tahap skrining untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respons penelitian. Selanjutnya, *Response Surface Methodology* (RSM) dapat digunakan untuk menentukan kondisi optimum berdasarkan hubungan antara faktor perlakuan dan respons yang diamati (Said dan Amin, 2015). Pendekatan tersebut memungkinkan proses pengujian tidak hanya berfokus pada pengamatan masing-masing faktor, tetapi juga mempertimbangkan interaksi antarfaktor yang dapat memengaruhi hasil pengujian. Melalui pendekatan tersebut, kondisi pengujian kualitas polen dapat ditentukan secara lebih terarah dan efisien. Oleh karena itu, penelitian mengenai analisis morfologi dan viabilitas polen tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik morfologi polen serta kondisi perlakuan yang mendukung kualitas fisiologis polen melalui pengujian viabilitas dan pertumbuhan tabung polen. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi pendukung dalam standardisasi kualitas polen dan penerapan penyerbukan bantuan untuk mendukung keberhasilan pembentukan buah pada tanaman kelapa sawit.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi karakteristik morfologi polen kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang normal dan abnormal serta hubungannya dengan kualitas fisiologis polen
2. Mengetahui pengaruh pemberian berbagai berat gula terhadap viabilitas dan panjang tabung sari (*pollen tube*) polen kelapa sawit secara *in vitro*
3. Mendapatkan kondisi waktu (lama inkubasi), suhu dan berat gula optimum yang mampu menghasilkan daya berkecambah polen tertinggi

1.3 Hipotesis

1. Morfologi polen yang normal berkorelasi positif dengan kualitas fisiologis (viabilitas dan germinasi) polen kelapa sawit
2. Perbedaan berat gula berpengaruh nyata terhadap persentase viabilitas dan panjang tabung sari (*pollen tube*) secara *in vitro*
3. Terdapat interaksi antara faktor waktu, suhu, dan berat gula yang menghasilkan daya berkecambah polen kelapa sawit tertinggi