

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai efektivitas variasi konsentrasi alkohol (0%, 10%, 20%, dan 30%) yang dikombinasikan dengan natrium hipoklorit (Bayclin) terhadap keberhasilan sterilisasi dan perkecambahan biji bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) varietas Mammoth secara in vitro, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Keberadaan tahap perendaman alkohol sebelum aplikasi Bayclin terbukti menjadi faktor yang sangat menentukan keberhasilan sterilisasi eksplan. Perlakuan kontrol (P0/0% alkohol) mengalami kontaminasi yang murni bersumber dari bakteri dan berkembang secara progresif, terdeteksi pada 60% unit percobaan sejak periode pengamatan pertama (3 HSI) dan mencapai kontaminasi total (100%) pada periode kedua (6 HSI), yang bertahan hingga periode akhir pengamatan (12 HSI). Kondisi ini mengakibatkan kegagalan total pada seluruh parameter turunannya (sterilitas 0%, kelangsungan hidup 0%, dan perkecambahan 0%). Temuan ini menegaskan bahwa tahap perendaman alkohol merupakan komponen esensial dan tidak dapat digantikan oleh aplikasi Bayclin semata dalam menekan kontaminasi bakteri pada protokol sterilisasi biji bunga matahari.
2. Di antara taraf yang menggunakan alkohol, hasil analisis ragam (ANOVA) pada periode akhir pengamatan (12 HSI) menunjukkan bahwa variasi konsentrasi alkohol pada rentang 10%, 20%, dan 30% tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata secara statistik ($P > 0,05$) terhadap seluruh parameter yang diuji, yaitu sterilitas eksplan ($F=1,143$; $P=0,3513$), kelangsungan hidup eksplan ($F=0,286$; $P=0,7564$), dan persentase perkecambahan ($F=1,200$; $P=0,3349$). Dengan demikian, hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan adanya pengaruh nyata antar taraf konsentrasi alkohol (10–30%) tidak dapat diterima, sedangkan hipotesis nol (H_0) untuk perbandingan antar taraf tersebut diterima.

3. Meskipun tidak berbeda nyata secara statistik, secara deskriptif taraf konsentrasi tertinggi (P3/30%) menghasilkan persentase perkecambahan tertinggi (100%), tetapi disertai dengan tingkat sterilitas terendah di antara ketiga taraf alkohol (40%) akibat lonjakan kontaminasi jamur pada periode akhir pengamatan, serta kecepatan kemunculan tunas yang tidak secepat P2. Sebaliknya, taraf P2 (20%) menunjukkan performa yang paling seimbang: tingkat sterilitas tinggi dan setara dengan P1 (80%), tingkat kelangsungan hidup tinggi dan setara dengan P3 (80%), serta kecepatan kemunculan tunas tercepat di antara seluruh taraf (2,0 HSI) lebih cepat dibandingkan P1 (3,6 HSI) maupun P3 (2,2 HSI).
4. Berdasarkan prinsip keseimbangan performa biologis yaitu kombinasi optimal antara sterilitas, kelangsungan hidup, dan kecepatan perkecambahan tercepat maka konsentrasi alkohol 20% (P2) direkomendasikan sebagai taraf yang paling optimal untuk sterilisasi biji bunga matahari varietas Mammoth. Konsentrasi ini diduga cukup efektif melarutkan lapisan lipid perikarp biji yang relatif tebal untuk memfasilitasi penetrasi natrium hipoklorit, tanpa menimbulkan efek fitotoksik signifikan terhadap embrio sebagaimana yang berpotensi terjadi pada taraf yang lebih rendah maupun lebih tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan keterbatasan yang teridentifikasi selama pelaksanaan penelitian ini, disarankan beberapa hal berikut untuk kepentingan praktik laboratorium maupun pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Perpanjangan periode pengamatan. Mengingat teridentifikasinya pola kontaminasi sekunder yang baru muncul pada periode akhir pengamatan (khususnya lonjakan kontaminasi jamur pada P3 dari 9 ke 12 HSI), penelitian selanjutnya disarankan memperpanjang periode pengamatan melebihi 12 HSI untuk memastikan kestabilan hasil sterilitas dalam jangka waktu yang lebih panjang serta mengonfirmasi apakah kontaminasi tersebut terus meningkat atau mencapai titik stabil (*plateau*).

2. Identifikasi mikrobiologis lanjutan. Penelitian ini mengidentifikasi jenis kontaminan (jamur/bakteri) hanya berdasarkan pengamatan visual makroskopis. Penelitian lanjutan disarankan melakukan identifikasi mikrobiologis lebih lanjut (isolasi dan karakterisasi morfologi/molekuler) terhadap kontaminan yang muncul, termasuk terhadap bakteri penyebab kontaminasi progresif pada perlakuan kontrol (P0), guna memahami sumber dan jenis mikroorganisme kontaminan secara lebih mendalam.
3. Kajian mekanisme fitotoksisitas pada konsentrasi rendah. Ditemukannya kematian eksplan non-kontaminasi (diduga akibat *browning*/nekrosis) pada taraf P1 (10% alkohol) mengindikasikan perlunya kajian lebih lanjut mengenai kemungkinan efek residu kimiawi atau interaksi durasi-konsentrasi sterilan pada taraf konsentrasi rendah, yang secara mekanistik belum sepenuhnya dapat dijelaskan dalam penelitian ini.
4. Uji lanjutan pada taraf konsentrasi lebih sempit di sekitar 20%. Karena taraf 10%, 20%, dan 30% terbukti tidak berbeda nyata secara statistik, namun P2 (20%) menunjukkan keunggulan deskriptif yang konsisten, penelitian selanjutnya disarankan menguji taraf konsentrasi yang lebih rapat di sekitar titik tersebut (misalnya 15%, 20%, 25%) untuk memperoleh titik optimal yang lebih presisi dan mengonfirmasi apakah 20% benar-benar merepresentasikan *sweet spot* konsentrasi alkohol bagi biji bunga matahari varietas Mammoth.
5. Aplikasi praktis bagi laboratorium. Bagi praktisi kultur jaringan yang hendak menerapkan protokol sterilisasi biji bunga matahari varietas Mammoth, penggunaan alkohol 20% yang dikombinasikan dengan Bayclin melalui teknik sterilisasi bertahap (*double disinfestation*) dapat menjadi rekomendasi utama, karena menghasilkan keseimbangan terbaik antara tingkat sterilitas, kelangsungan hidup, dan kecepatan perkecambahan eksplan.