

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan kemometrik berbasis pemprofilan analitik *multi-platform* (UV-Visible, FTIR, dan LC-HRMS) berhasil membedakan profil metabolik bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dari sistem budidaya konvensional dan hidroponik melalui PCA, PLS-DA, dan OPLS-DA tanpa tumpang tindih antar kelompok sampel. Analisis UV-Visible menunjukkan bahwa sampel konvensional memiliki absorbansi lebih tinggi pada rentang 264,5–327,5 nm yang berkaitan dengan senyawa fenolik dan flavonoid serta pada 538 nm yang berkaitan dengan betalain. Analisis FTIR menunjukkan perbedaan pola daerah sidik jari antar sistem budidaya, terutama pada daerah serapan yang berkaitan dengan fenolik, glikosida, dan protein. Sementara itu, LC-HRMS berhasil menganalisis 149 metabolit secara tentatif, dengan dominasi kelompok lipid dan lipid-like (47,7%), diikuti fenilpropanoid dan poliketida (16,8%), yang menunjukkan adanya perbedaan komposisi metabolit antara kedua sistem budidaya.
2. Analisis statistik multivariat dan diferensial metabolit mengidentifikasi 89 fitur metabolit dengan nilai VIP > 1 yang berkontribusi terhadap pemisahan bayam merah konvensional dan hidroponik. Berdasarkan *volcano plot*, sebanyak 37 metabolit meningkat pada sampel konvensional dan 32 metabolit meningkat pada sampel hidroponik. Kandidat senyawa penanda tentatif ditentukan berdasarkan kombinasi nilai VIP, hasil *volcano plot* (sebanyak 65 senyawa tentatif), dan kesesuaian pola perubahan dengan parameter bioaktif. Pada sampel konvensional, kandidat penanda yang diusulkan meliputi amaranthin, rutin, (+)-7-epi-syringaresinol 4'-glucoside, esculin, dan kaempferol-3-rutinoside, sedangkan pada sampel hidroponik meliputi 13-HoTrE, 13-hydroxyoctadeca-9,11-dienoic acid, tuberonic acid, methyl jasmonate, dan 2-O-caffeoylglucuronate(2-). Perbedaan metabolit tersebut memberikan indikasi adanya variasi metabolisme terkait lipid, fenilpropanoid, dan senyawa fenolik sebagai respons terhadap kondisi budidaya yang berbeda.

5.2.Saran

Dari penelitian ini, saran dan potensi penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Jumlah sampel perlu ditambah berdasarkan variasi masa panen dan lokasi untuk mengurangi risiko overfitting PLS-DA dan OPLS-DA. Selain itu, beberapa sampel biologis independen pada masing-masing sistem budidaya perlu digunakan agar perbedaan metabolit dapat diukur secara biologis.
2. Identifikasi senyawa penanda dalam studi eksploratif ini bersifat tentatif (*putative*), sehingga sangat disarankan untuk melakukan validasi lebih lanjut menggunakan senyawa standar murni sebagai pembanding atau melalui analisis kuantitatif secara tertarget untuk mengonfirmasi identitas senyawa.
3. Kandidat senyawa penanda dan peta profil kimia yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dievaluasi lebih lanjut sebagai dasar pengembangan parameter *quality control* (QC).

