

Integrasi Genetika Molekuler dan Fisiologi Tumbuhan dalam Pengembangan Cabai Merah Keriting Lokal Sumatera Barat Tahan Cekaman

Frestina Helmi (2310422039) – Laboratorium Genetika dan Biomolekuler, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang

Saat ini perkembangan ilmu biologi modern menunjukkan penemuan ilmiah baru muncul melalui integrasi berbagai cabang ilmu yang sebelumnya berkembang secara terpisah. Pada saat ini fokus saya pada genetika molekuler tumbuhan mengenai variasi genetik cabai merah keriting lokal dataran tinggi Sumatera Barat yang diidentifikasi menggunakan *marker* ISSR. Bidang ini menarik perhatian saya, dikarenakan mampu mengungkapkan hubungan antara kekerabatan dan keragaman genetik yang tidak dapat diamati melalui karakter morfologi saja. Namun demikian, identifikasi genetik belum sepenuhnya menjelaskan kemampuan tanaman dalam menghadapi cekaman lingkungan. Maka dari itu, saya tertarik menggabungkan genetika molekuler dengan fisiologi tumbuhan. Menurut saya, integrasi kedua bidang ini berpotensi menghasilkan pendekatan baru dalam mengidentifikasi cabai merah keriting lokal pada dataran tinggi yang tidak hanya berbeda secara genetik tetapi juga memiliki kemampuan fisiologis yang lebih baik dalam menghadapi cekaman lingkungan seperti kekeringan, suhu rendah, maupun keterbatasan unsur hara. Pendekatan kedua bidang ini dapat membuka peluang pengembangan varietas unggul berbasis karakter genetik dan fisiologi secara bersamaan.

Pendekatan genetika molekuler menyediakan informasi dasar tentang keragaman genetik yang menjadi sumber adaptasi suatu populasi tanaman. Penelitian mengenai cabai merah keriting lokal Sumatera Barat menggunakan *marker* ISSR menunjukkan tingkat *polimorfisme* yang tinggi sehingga menandakan adanya variasi genetik yang luas pada plasma nutfah cabai merah keriting lokal (Budiyanti *et al.*, 2024; Suryani *et al.*, 2024). Keragaman genetik tersebut sangat penting karena menyediakan sumber alel yang dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan tanaman. Selain itu, karakter morfologi cabai merah keriting lokal Sumatera Barat juga menunjukkan adanya variasi pada karakter buah, tinggi tanaman, dan juga komponen hasil (Roesma *et al.*, 2022; Suliansyah *et al.*, 2023; Suliansyah *et al.*, 2023). Adanya variasi genetik yang tinggi menandakan bahwa setiap *genotipe* memiliki potensi respons yang berbeda terhadap kondisi lingkungan sehingga diperlukan pendekatan yang lebih menyeluruh untuk memahami mekanisme adaptasinya (Roesma *et al.*, 2023).

Fisiologi tumbuhan dapat menjelaskan bagaimana informasi genetik dapat diekspresikan menjadi karakter adaptif pada tanaman. Berbagai penelitian fisiologi

menunjukkan bahwa toleransi tanaman terhadap cekaman dipengaruhi oleh produktivitas fotosintesis, akumulasi, osmoprotektan seperti prolin, aktivitas enzim antioksidan, serta penggunaan air (Taiz *et al.*, 2018). *Genotipe* yang berbeda secara genetik dapat memperlihatkan respons fisiologis yang berbeda ketika menghadapi kondisi lingkungan yang sama. Dengan demikian, analisis fisiologi dapat digunakan untuk mengidentifikasi *genotipe* cabai merah keriting lokal yang memiliki kemampuan adaptasi terbaik terhadap lingkungan dataran tinggi. Penggabungan informasi data fisiologi dengan data molekuler memungkinkan pemahaman tidak hanya pada tingkat perbedaan antar *genotipe*, tetapi juga alasan biologis yang mendasari perbedaan respons adaptif terhadap berbagai cekaman lingkungan.

Perkembangan teknologi molekuler saat ini memungkinkan hubungan antara genetik dan karakter fisiologis dipelajari secara lebih mendalam. Roesma *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pendekatan DNA *barcoding* dan eDNA mampu memberikan identifikasi biologis yang akurat hingga tingkat spesies serta mendukung pemantauan biodiversitas berbasis molekuler. Selain itu, pendekatan DNA *barcoding* dan *metabarcoding* telah berkembang menjadi alat penting dalam analisis biodiversitas modern (Roesma *et al.*, 2024; Roesma *et al.*, 2023). Meskipun penelitian tersebut dilakukan pada organisme lain, prinsip yang sama dapat diterapkan pada tanaman cabai untuk menghubungkan variasi genetik dengan karakter fisiologis tertentu. Dengan demikian, penelitian tidak lagi berhenti pada identifikasi keragaman genetik, tetapi dapat diarahkan pada pencarian *genotipe* yang memiliki kemampuan fisiologis unggul sehingga proses seleksi tanaman menjadi lebih efektif dan efisien.

Berdasarkan uraian tersebut, saya berpikir bahwa penggabungan genetika molekuler dan fisiologi tumbuhan sangat memungkinkan untuk menghasilkan pengetahuan baru dalam bidang biologi. Genetika molekuler menyediakan informasi mengenai variasi genetik dan hubungan kekerabatan antar *genotipe*, sedangkan fisiologi tumbuhan menjelaskan bagaimana variasi tersebut memengaruhi kemampuan tanaman dalam merespons lingkungan. Integrasi kedua bidang ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi *genotipe* cabai merah keriting lokal Sumatera Barat yang memiliki kombinasi karakter genetik dan fisiologis unggul (Tester & Langridge, 2010). Oleh karena itu, pendekatan antara genetika molekuler dan fisiologi tumbuhan merupakan salah satu strategi penelitian yang sangat potensial dalam mendukung pemuliaan tanaman, konservasi plasma nutfah, dan pengembangan varietas cabai merah keriting lokal yang adaptif terhadap perubahan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanti, T., Kirana, R., Indriyani, N. L. P., Husada, E. D., Wahyuni, S., Suliansyah, I., & Hervani, D. (2024). Genetic diversity of local chili (*Capsicum annuum* L.) from West Sumatra Indonesia based on inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *KnE Social Sciences*, 9(26), 99–109.
- Roesma, D. I., Tjong, D. H., Janra, M. N., & Aidil, D. R. (2022). DNA barcoding of freshwater fish in Siberut Island, Mentawai Archipelago, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(4), 1795–1806.
- Roesma, D. I., Tjong, D. H., Syaifullah, Nofrita, Janra, M. N., Prawira, F. D. L., Salis, V. M., & Aidil, D. R. (2023). The importance of DNA barcode reference libraries and selection primer pair in monitoring fish diversity using environmental DNA metabarcoding. *Biodiversitas*, 24(4), 2251–2260.
- Roesma, D. I., Syaifullah, Hardianti, C. F., & Salis, V. M. (2023). Haplotype network and molecular evolution of *Clarias batrachus* in Sumatera based COI gene. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 26(1), 48–55.
- Roesma, D. I., Tjong, D. H., Syaifullah, Aidil, D. R., Maulana, M. R., & Salis, V. M. (2023). Phylogenetic relationships of sun bear (*Helarctos malayanus*) based on mitochondrial DNA from Sumatra and other Southeast Asian regions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 26(12), 615–627.
- Roesma, D. I., Tjong, D. H., Syaifullah, Nofrita, Janra, M. N., Aidil, D. R., Prawira, F. D. L., & Salis, V. M. (2024). DNA barcoding and eDNA metabarcoding for identification species: A case study West Sumatra. *Journal of Tropical Life Science*, 15(1).
- Suliansyah, I., Ekawati, F., & Hariandi, D. (2023). Identification and morphological characterization of local red chilies from West Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1160, 012013.
- Suliansyah, I., Nova, B., Ekawati, F., & Hariandi, D. (2023). Genetic diversity of West Sumatera pepper (*Capsicum annuum* L.) based on sequence-related amplified polymorphism. *AIP Conference Proceedings*.
- Suryani, R., Suliansyah, I., Warnita, Zainal, A., & Sukartini. (2024). The molecular characterization of local Bengkulu Ambon banana through chloroplast simple sequence repeats (SSR) markers. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 37(1).

- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2018). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Tester, M., & Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*, 327(5967), 818–822.