

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai salah satu pangan nasional yang penting dan menempati urutan ketiga yang dikonsumsi oleh hampir seluruh masyarakat Indonesia. Seiring dengan populasi yang meningkat di Indonesia, kebutuhan kedelai terus meningkat. Hingga Desember 2023, produksi kedelai dalam negeri mencapai 500 ribu ton, sedangkan kebutuhan kedelai nasional mencapai 2,8 juta ton, menurut data BPS. Selama lima tahun terakhir, Indonesia hanya mampu memproduksi sendiri 9,15% dari kebutuhan kedelai. Menurut data BPS, 90% dari 2,4 juta ton kedelai impor Indonesia berasal dari Amerika Serikat. Sekitar 70% dari impor ini digunakan untuk produksi tempe, 25% untuk produksi tahu, dan sisanya untuk produk lain. Oleh karena itu, hingga saat ini kebijakan impor kedelai menjadi langkah alternatif pemerintah untuk mengatasi jarak antara produksi dan konsumsi kedelai di Indonesia. Karena ketergantungan Indonesia terhadap impor kedelai yang sangat tinggi, yang mencapai 78,44% per tahun, dibandingkan dengan laju pertumbuhan produksi kedelai dalam negeri yang menurun 15,54% per tahun dalam lima tahun terakhir, situasi ini menjadi ancaman bagi Indonesia.

Beberapa faktor menyebabkan Indonesia bergantung pada impor kedelai; yang pertama adalah produktivitas kedelai lokal yang rendah. Selain itu, persaingan penggunaan lahan yang ketat dengan komoditas lain seperti jagung dan padi menyebabkan produksi kedelai rendah. Selain itu, kedelai adalah

tanaman subtropis, jadi tidak dapat berkembang dengan baik di daerah tropis dengan hanya dua musim, seperti Indonesia. Faktor kedua adalah bahwa teknologi yang digunakan masih tradisional. Budidaya dan produksi kedelai lokal masih menggunakan metode pertanian tradisional dan menggunakan benih alami atau non-transgenik. Kedelai Indonesia jauh tertinggal dibandingkan dengan kedelai impor dari Amerika Serikat, Cina, dan Brasil yang menggunakan teknologi dan organisme yang dimodifikasi secara genetik (GMO). Meskipun Undang-Undang Indonesia melarang produksi GMO, tidak dapat dipungkiri bahwa kemajuan teknologi saat ini juga berdampak besar pada produksi kedelai. Alasan ketiga adalah kebutuhan yang berbeda dari pelaku usaha. Karena berasal dari benih bulat alami dan memiliki rasa yang lebih baik, perajin tahu biasanya menggunakan kedelai lokal. Sedangkan, perajin tempe biasanya menggunakan kedelai impor karena bentuknya yang panjang dan seragam. Faktor keempat, kedelai nasional sulit diserap karena tidak dapat bersaing dengan kedelai impor yang berkualitas tinggi. Selain itu, harga kedelai impor jauh lebih murah daripada harga kedelai lokal.

Untuk mengurangi ketergantungan pada impor kedelai, ada beberapa langkah yang perlu diambil untuk meningkatkan produktivitas kedelai. Salah satu cara untuk mengembangkan karakter kedelai yang diinginkan adalah dengan menggunakan fungsi genetik. Di Indonesia, banyak laporan tentang pengumpulan sumber daya genetik kedelai berdasarkan fenotip. Namun, seringkali masih sulit untuk membedakan aksesori yang terkait erat satu sama lain.

Selain itu, karakter fenotip sangat dipengaruhi oleh lingkungan, sehingga sulit untuk mengetahui apakah karakter tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh lingkungan atau genetik (Lestari *et al.*, 2021)

Terobosan teknologi baru dalam pemuliaan tanaman diperlukan untuk mengatasi hambatan produksi kedelai. Salah satunya adalah penggunaan data genetik kedelai untuk pemuliaan kedelai. Data variasi di tingkat DNA sangat bermanfaat untuk berbagai tujuan, termasuk perlindungan varietas dan pemuliaan, karena DNA dapat diambil dari berbagai organ individu yang dipelajari tanpa terpengaruh oleh faktor lingkungan. Teknik sekuensing DNA dan penanda molekuler adalah teknologi terkini untuk mengumpulkan data karakteristik ekspresi baru. Perunutan seluruh genom (*whole genome sequencing*) organisme dapat dilakukan dengan cepat menggunakan teknologi NGS. Ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang struktur genom dan keanekaragaman antar spesies. (Satam *et al.*, 2023). Teknologi NGS dapat digunakan dalam pemuliaan tanaman kedelai untuk menemukan gen-gen yang unggul melalui deteksi marka SNP pada spesies tanaman. Marka molekuler dapat digunakan untuk karakterisasi gen dan relatif stabil, sehingga dapat membantu dalam kegiatan seleksi tanaman.

Untuk melindungi varietas dan menelusuri asal usul suatu organisme, teknik sidik jari DNA tertentu diperlukan. Beberapa marka molekuler yang sering digunakan dalam analisis sidik jari DNA adalah SSR, SNP, dan RAPD. SNP adalah salah satu marka DNA yang paling populer dan paling banyak digunakan

di masa sekarang. Penanda molekuler/marka molekuler merupakan fragmen DNA spesifik yang ditemukan pada lokasi spesifik di dalam genom. Oleh karena itu, marka molekuler dapat digunakan untuk menandai posisi gen tertentu dan karakteristik tertentu yang diwariskan oleh gen-gen di lokasi tersebut. Sehingga marka molekuler digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan sekuen spesifik (polimorfisme) antara individu-individu tanaman. Menemukan sidik jari DNA unik pada suatu spesies dapat digunakan untuk melindungi varietas dan menelusuri asal usulnya.

Perbedaan dalam susunan basa nukleotida (A, T, C, atau G) tunggal pada genom seseorang dikenal sebagai SNP, yang menyebabkan perbedaan genetik dalam populasi (Abebe *et al.*, 2021). Beberapa studi penelitian juga telah dilaporkan untuk mengidentifikasi SNP pada tanaman legum dan tanaman lainnya. Penelitian di Indonesia mengenai SNP telah dilakukan oleh Tasma *et al* (2012) yang melakukan pembuatan pustaka genom kedelai Indonesia dan analisis sekuen genom total kedelai. Tsindi *et al* (2023) telah melakukan penelitian SNP untuk menganalisis struktur populasi dan diversitas genetik kedelai Afrika. SNP memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan marka molekuler lainnya. SNP bersifat ko-dominan karena dapat membedakan homozigot dan heterozigot, dan memiliki distribusi yang luas, polimorfisme, dan stabilitas yang tinggi dari generasi ke generasi. Teknik sidik jari DNA berdasarkan SNP memiliki keunggulan dibandingkan dengan SSR dan AFLP karena kemampuan SNP untuk mengidentifikasi haplotipe pada lokus yang berdekatan (Gouda *et al.*, 2020).

Analisis sidik jari DNA kedelai menggunakan variasi SNP berfungsi untuk memproteksi materi genetik dan karakter tanaman unggul. Satu varietas memiliki SNP yang unik dapat digunakan baik untuk karakterisasi maupun untuk memproteksi varietas tersebut. SNP unik yang berada pada setiap genotip kedelai berfungsi sebagai identitas unik atau sidik jari setiap genotip tersebut. Mengetahui perbandingan polimorfisme antar varietas kedelai maka kedelai dengan sifat unggul juga dapat digunakan sebagai rujukan. Dengan melakukan tes untuk melihat pola pita DNA SNP dari materi genetiknya, peneliti dapat dengan cepat mendeteksi keberadaan materi genetiknya dengan sidik jari ini.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis variasi dan keragaman genetik varietas kedelai Indonesia, mengidentifikasi peta ragam genotip kedelai pada tiap kromosom, dan mengidentifikasi marka minimal SNP yang digunakan untuk membedakan tiap sampel dan sebagai penciri varietas kedelai Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana keragaman genetik kedelai varietas Indonesia dengan kedelai-kedelai lain di dunia?
- 1.2.2 Bagaimana pola keragaman genotip kedelai Indonesia pada setiap kromosom dan bagaimana informasi tersebut dapat dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman?
- 1.2.3 Berapa jumlah marka minimal SNP yang dapat digunakan untuk membedakan varietas kedelai Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Menganalisis keragaman genetik varietas kedelai di Indonesia
- 1.3.2 Mengidentifikasi pola dan peta ragam genotip kedelai Indonesia pada tiap kromosom sebagai rujukan pemuliaan kedelai berbasis marka DNA.
- 1.3.3 Mengidentifikasi marka minimal SNP yang dapat digunakan sebagai penciri varietas kedelai Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari penelitian ini, antara lain:

1.4.1 Manfaat Teoritis

- 1. Memberikan kontribusi pemikiran ilmiah bagi ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang bioteknologi, bioinformatika, genetika molekuler, dan rekayasa genetika.
- 2. Memberikan peluang pengembangan, bahan kajian lebih lanjut, sekaligus sebagai referensi terbaru bagi periset kemudian dalam bidang marka molekuler DNA untuk pemuliaan kedelai.

1.4.2 Manfaat Praktis

- 1. Mahasiswa mampu memahami dan memberikan informasi mengenai beberapa manfaat marka SNP guna membantu dalam identifikasi genetik dan pemuliaan tanaman serta perlindungan varietas

2. Para periset dan industri dalam disiplin ilmu terkait dapat memanfaatkan serta mengembangkan hasil riset ini secara lebih dalam dan komperhensif, khususnya mengenai marka molekuler SNP