

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Morfologi Tanaman Kedelai

Kedelai merupakan tanaman asli Daratan Cina dan telah dibudidayakan oleh manusia sejak 2500 SM. Sejalan dengan makin berkembang perdagangan antarnegara yang terjadi pada awal abad ke-19, menyebabkan tanaman kedelai juga ikut tersebar ke berbagai negara tujuan perdagangan tersebut, yaitu Jepang, Korea, Indonesia, India, Australia, dan Amerika. Kedelai mulai dikenal di Indonesia sejak abad ke-16. Awal mula penyebaran dan pembudidayaan kedelai yaitu di Pulau Jawa, kemudian berkembang ke Bali, Nusa Tenggara, dan pulau-pulau lainnya. Kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja* dan *Soja max*, namun pada tahun 1948 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* (L.) Merrill (Irwan, 2006).

Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut: Kedelai adalah tanaman semusim, tumbuh tegak, berdaun lebat, dengan beragam morfologi. Nama botani kedelai yang dibudidayakan ialah *Glycine max* (L.). Merrill. Berdasarkan sistem klasifikasi, tanaman kedelai termasuk dalam Divisio Spermatophyta, Subdivisio Angiospermae, Kelas Dicotyledonae, Famili Leguminosae, Ordo Papilionoideae, Genus *Glycine*, Spesies *Glycine max* (L.). Merrill (Adie dan Krisnawati, 2007).

Biji kedelai berkeping dua, terbungkus kulit biji dan tidak memiliki jaringan endosperma. Embrio terletak di antara keping biji. Warna kulit biji kuning, hitam, hijau, coklat. Pesar biji (hilum) adalah jaringan bekas biji melekat pada dinding buah. Bentuk biji kedelai umumnya bulat lonjong tetapi ada pula yang bundar atau bulat agak pipih. Bentuk biji bervariasi, tergantung pada varietas tanaman, yaitu bulat, agak gepeng, dan bulat telur. Biji kedelai tidak mengalami masa dormansi sehingga setelah proses pemasakan biji selesai, biji kedelai dapat langsung ditanam. Biji tersebut harus mempunyai kadar air berkisar 12-13% (Irwan, 2006).

Tanaman kedelai mempunyai akar tunggang dan membentuk akar-akar cabang yang tumbuh menyamping (horizontal) tidak jauh dari permukaan tanah. Pada tanah gembur, akar kedelai dapat tumbuh hingga kedalaman 150 cm, tetapi sebagian besar akar berada pada kedalaman 30-60 cm (Purselove, 1968). Pada

akar tanaman kedelai terdapat bintil-bintil akar, berupa koloni dari bakteri *Rhizobium japonicum*. Bakteri *Rhizobium* dapat mengikat nitrogen dari udara yang kemudian dapat digunakan untuk pertumbuhan kedelai (Suprpto, 1985).

Batang kedelai memiliki tinggi 30-100 cm dan membentuk 3 sampai 6 cabang, tetapi bila jarak antar tanaman rapat, cabang menjadi berkurang, atau tidak bercabang sama sekali. Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe determinate dan indeterminate. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe indeterminate dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Disamping itu, ada varietas hasil persilangan yang mempunyai tipe batang mirip keduanya sehingga dikategorikan sebagai semi-determinate atau semiindeterminate (Irwan, 2006).

Bunga kedelai tumbuh berkelompok pada ruas-ruas batang, berukuran kecil, berwarna putih dan ungu. Bunga kedelai mekar dari bagian bawah batang ke bagian atas tanaman. Penyerbukan terjadi saat mahkota bunga masih menutup. Bunga berwarna ungu dan putih terletak pada ruas-ruas batang. Pembentukan bunga juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Pada suhu tinggi dan kelembaban rendah, jumlah sinar matahari yang jatuh pada ketiak tangkai daun lebih banyak. Hal ini akan merangsang pembentukan bunga (Irwan, 2006). Bunga kedelai termasuk bunga sempurna, artinya dalam setiap bunga terdapat alat kelamin jantan dan betina (Suprpto, 1985).

Daun kedelai mempunyai ciri-ciri antara lain helai daun (lamina) oval dan tata letak daun pada tangkai daun bersifat majemuk berdaun tiga (trifoliolatus). Daun ini berfungsi sebagai alat untuk proses asimilasi, respirasi dan transpirasi (Rukmana dan Yuniarsih, 1996). Daun kedelai terbagi menjadi empat tipe, yaitu: (1) kotiledon atau daun biji, (2) dua helai daun primer sederhana, (3) daun bertiga, dan (4) profila. Daun primer berbentuk oval dengan tangkai daun sepanjang 1-2 cm, terletak berseberangan pada buku pertama diatas kotiledon. Setiap daun memiliki sepasang stipula yang terletak pada dasar daun yang menempel pada batang. Tipe daun yang lain terbentuk pada batang utama, dan pada cabang lateral

terdapat daun trifoliat yang secara bergantian dalam susunan yang berbeda (Pandiangan, 2012).

Polong kedelai terbentuk pertama kali sekitar 7-10 hari setelah muncul bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Jumlah polong per tanaman dapat mencapai lebih dari 50, hingga ratusan. Pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat polong kedelai masak (Irwan, 2006).

2.2. Pemuliaan Tanaman Kedelai

Arah pemuliaan tanaman ialah memperoleh atau mengembangkan varietas atau hibrida agar lebih efisien dalam penggunaan unsur hara sehingga memberi hasil tertinggi persatuan luas dan menguntungkan bagi penanam dan pengguna. Perakitan sifat tanaman unggul agar menguntungkan secara ekonomis memerlukan sumber genetik tanaman yang menunjang produksi tinggi dan tahan terhadap hama dan penyakit (Poespodarsono, 1988). Suatu karakter tidak dapat berkembang dengan baik apabila hanya dipengaruhi oleh gen tanpa disertai oleh keadaan lingkungan yang sesuai. Sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman dipengaruhi oleh kesesuaian antara tanaman dan lingkungan tumbuh tanaman itu sendiri (Purwanti, 1993 *dalam* Pratama, 2012).

Pada penelitian sebelumnya, difokuskan untuk mengetahui potensi hasil galur kedelai mutan kolkisin dibandingkan dengan varietas asli kedelai. Hasil dari penelitian sebelumnya menunjukkan galur mutan kolkisin memiliki potensi hasil yang tinggi, hal ini dapat dilihat dari karakter tinggi tanaman, jumlah polong isi, jumlah biji per tanaman, berat biji per tanaman, jumlah buku subur, serta potensi hasil per hektar lebih tinggi dibandingkan varietas asli kedelai. Karakter-karakter pada galur mutan kolkisin seperti tinggi tanaman, jumlah polong isi, jumlah biji per tanaman, berat biji per tanaman, jumlah buku subur, potensi hasil per hektar memiliki hubungan erat, sehingga dapat digunakan untuk membentuk karakter

seleksi dalam rangka pengembangan kedelai berdaya hasil tinggi. Galur-galur mutan kolkisin yang memiliki potensi hasil tinggi antara lain C1000-1, C1000-2, C1000-3, C1000-4, C1000-5, C1000-7, C500-1, C500-2, C500-4 dan C500-5 dengan potensi hasil per hektar melebihi 3 ton.ha⁻¹ (Putri, 2012). Genotip-genotip dengan daya hasil tinggi akan diseleksi kembali. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya dengan perbedaan metode dan tujuan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini difokuskan untuk mengetahui interaksi genotip dengan lokasi dari genotip-genotip uji pada dua lokasi pengujian yang berbeda.

Ada atau tidak adanya interaksi antara genotip atau genotip-genotip tanaman dengan kisaran variasi lingkungan spatial yang luas, ataupun dengan variasi lingkungan pada suatu wilayah spesifik merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan pilihan kebijakan genotip tanaman yang bagaimana yang akan disebarkan atau dilepas. Adanya informasi tersebut diperlukan pemulia dalam estimasi komponen varians suatu karakter tertentu. Pendapat lain mengenai interaksi genotip dengan lingkungan dikemukakan oleh Eberhart dan Russell (1966) dalam Baihaki dan Wicaksana (2005) menyatakan bahwa interaksi $G \times E$ dapat mempengaruhi kemajuan seleksi dan sering mengganggu dalam seleksi genotip-genotip unggul. Nasrullah (1981) dalam Baihaki dan Wicaksana (2005) juga menambahkan bahwa interaksi $G \times E$ sering mempersulit pengambilan genotip dari suatu percobaan varietas uji multilokasi yang kisaran lingkungan tumbuh yang luas.

Menurut Suprpto (1985), pada tahapan seleksi tanaman kedelai perlu dipilih varietas-varietas yang mampu beradaptasi terhadap kondisi lapangan. Tingginya hasil ditentukan oleh interaksi suatu varietas terhadap kondisi lingkungan. Suatu contoh, jika penyakit merupakan persoalan, sebaiknya ditanam varietas yang resisten terhadap penyakit yang bersangkutan. Pada contoh kasus lain dengan gulma yang menjadi faktor pembatas, varietas mempunyai kanopi yang rimbun dengan pertumbuhan cepat akan lebih cocok.

Seleksi melalui uji multilokasi merupakan tahap akhir dari rangkaian kegiatan pemuliaan. Pengelompokan galur dan lingkungan sangat membantu di dalam memberikan keterangan praktis mengenai daerah adaptasi dari varietas

yang akan dilepas. Perlunya dilakukan kegiatan uji multilokasi untuk mengetahui informasi mengenai interaksi genotipe x lingkungan yang sangat penting bagi negara-negara yang variabilitas biogeofisiknya luas seperti Indonesia.

2.3. Uji Multilokasi

Uji multilokasi ialah tahap akhir dari proses perakitan suatu varietas yang merupakan tahap akhir pemilihan apakah suatu galur harapan layak diusulkan sebagai varietas baru atau tidak. Uji multilokasi dapat digunakan untuk mengetahui interaksi genotipe dan lingkungan suatu klon atau galur. Variasi lingkungan tumbuh berpengaruh terhadap pemilihan varietas unggul, sehingga varietas unggul yang ideal adalah yang berpotensi tinggi dan stabil atau sedikit sekali berinteraksi dengan lingkungan. Melalui percobaan uji multilokasi akan didapatkan suatu informasi tentang daya adaptasi suatu genotipe terhadap lingkungan. Genotipe yang memiliki hasil tinggi merupakan wujud dari genotipe yang telah mampu beradaptasi dengan cepat pada lingkungan tumbuh.

Uji adaptasi merupakan kegiatan uji lapang terhadap tanaman di beberapa agroekologi bagi tanaman semusim, untuk mengetahui keunggulan dan interaksi varietas terhadap lingkungan (Permentan, 2006). Adaptabilitas dan stabilitas adalah kemampuan tanaman untuk tetap hidup dan berkembangbiak dalam lingkungan yang bervariasi (Nor dan Cady, 1979 *dalam* Djaelani *et al.*, 2001). Stabilitas hasil merupakan karakter yang diwariskan melalui daya sangga populasi yang secara genetik heterogen. Kemampuan beradaptasi dengan baik ini disebabkan oleh kombinasi sifat yang dapat mengatasi perubahan lingkungan sehingga hasil akhir tidak banyak terpengaruh oleh perubahan lingkungan.

2.3.1. Interaksi Genotip x Lingkungan

Penampakan suatu karakter pada individu (fenotipe) dipengaruhi oleh faktor genetik (genotipe) dan faktor lingkungan (Pallawarukka, 1999 *dalam* Ferdy, 2001). Pengaruh genotipe dan lingkungan ini kemungkinan tidak berdiri sendiri-sendiri, contohnya pada penelitian sebelumnya (Pratama, 2012) genotip uji G7, G4, G5 dan G6 beradaptasi baik di dataran medium, namun tidak di dataran

tinggi. Pada genotip uji G2 dan G3 mampu beradaptasi baik di kedua lokasi yakni dataran tinggi dan medium. Pengaruh yang mungkin terjadi terhadap genotipe tidak terjadi secara langsung tetapi melalui seleksi alam atau buatan yang terjadi terhadap individu-individu yang mengakibatkan perubahan frekuensi gen-gen tertentu dalam populasi (Martoyo, 1992). Dengan kata lain, fenotipe ditentukan sebagian oleh genotipe individu, sebagian oleh lingkungan tempat individu itu hidup, waktu, dan pada sejumlah sifat, interaksi antara genotipe dan lingkungan. Waktu biasanya digolongkan sebagai aspek lingkungan (hidup) pula. Ide ini biasa ditulis sebagai

$$P = G + E + I_{GE}$$

dengan P adalah nilai fenotipik, G adalah nilai genotipik, E adalah deviasi lingkungan, dan I_{GE} merupakan interaksi antara genotip dan lingkungan. Dari formula tersebut terlihat bahwa penampilan setiap sifat merupakan hasil dari kerja sama antara gen dan lingkungan (Basuki, 2005).

Interaksi genotipe dengan lingkungan yakni terjadi proses saling mempengaruhi antara faktor genetik dan non genetik terhadap ekspresi fenotipe ini (Jain, 1982 *dalam* Basuki, 2005). Dalam hal ini, respon fenotipik terhadap suatu perubahan dalam lingkungan tidak sama untuk semua genotipe. Kegagalan suatu genotipe memberikan respon yang sama dengan genotipe lain pada dua atau lebih lingkungan yang berbeda merupakan suatu indikasi yang pasti terjadi interaksi genotipe x lingkungan. Pengaruh yang penting dari interaksi G x E ini adalah penurunan keeratan hubungan antara fenotipe dan genotipe sehingga kesimpulan tentang potensi genotipe-genotipe menjadi lebih rumit (Comstock dan Moll, 1963 *dalam* Basuki, 2005).

Pendapat Kuswanto (2007) bahwa interaksi genotipe dan lingkungan memberikan penampilan fenotipe yang berbeda antar genotipe pada lokasi tertentu, sehingga galur yang menunjukkan penampilan yang baik pada suatu lokasi belum tentu baik pada lokasi lainnya, walaupun pada musim yang sama. Besarnya interaksi antara genotipe dengan lingkungan perlu diperhatikan, untuk menghindari kehilangan genotipe-genotipe unggul dalam pelaksanaan seleksi (Kuswanto, *et al.*, 2005 *dalam* Jariyah, 2009).

Interaksi genotip dan lingkungan menunjukkan stabilitas penampilan tanaman apabila tanaman tersebut ditanam pada lingkungan yang berbeda dengan lingkungan asal tanaman. Setelah diperoleh genotip yang dikatakan mampu beradaptasi dengan lingkungan yang berbeda, maka genotip ini dievaluasi pada beberapa lingkungan (multilokasi) untuk mengetahui kestabilan tanaman tersebut sebelum dilepas menjadi varietas baru. Hal tersebut dilakukan agar didapatkan varietas yang berpotensi hasil tinggi, walaupun ditanam di berbagai kondisi lingkungan. Stabilitas penampakan tanaman atau fenotip disebabkan oleh kemampuan tanaman untuk dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan yang beragam, sehingga tanaman tidak banyak mengalami perubahan sifat fenotip (Poespodarsono, 1988).

Falconer dan Mackay (1996) juga menambahkan bahwa interaksi genotip lingkungan selalu digambarkan sebagai perbedaan tidak tetap/inkonsistensi diantara genotipe-genotipe dari suatu lingkungan ke lingkungan yang lain. Inkonsistensi tersebut mungkin timbul pada dua sebab, pertama karena perbedaan dalam tanggapan untuk kumpulan gen yang sama pada perbedaan lingkungan dan kedua adalah karena munculnya/ekspresi kumpulan gen yang berbeda karena adanya perbedaan lingkungan. Apabila gen pada kumpulan yang sama berekspresi, selanjutnya berbeda dalam tanggapannya, mungkin berkaitan dengan keanekaragaman/heterogenitas genetik atau ragam error (atau keduanya) lintas lingkungan. Apabila kumpulan gen berbeda berekspresi, selanjutnya hubungan genetik dengan lingkungan pada sifat yang sama dalam lingkungan yang berbeda diharapkan tidak sebanyak dibandingkan dari pada kesatuannya.

Di dalam program pemuliaan tanaman, interaksi genotip dan lingkungan diperlukan untuk mengetahui sampai seberapa jauh peranan lingkungan pada suatu sifat tanaman. Menurut Poespodarsono (1988), interaksi antara genotip dan lingkungan mempunyai arti penting dalam program seleksi. Kegiatan seleksi diharapkan untuk memperoleh genotip yang dapat menunjukkan keunggulan pada berbagai lokasi, musim dan tahun. Interaksi genotip dan lingkungan tidak lepas dengan uji multilokasi. Seleksi melalui uji multilokasi ini merupakan tahap akhir dari rangkaian kegiatan pemuliaan (Kasno, 1992 *dalam* Jariyah, 2009).

2.3.2. Pendugaan Interaksi Genotipe x Lingkungan

Carpens *et al.*, (1993) menyatakan bahwa komponen fenotipe lain selain ragam lingkungan yang dapat menyebabkan bias pada estimasi ragam genetik adalah interaksi genotipe x lingkungan. Dikatakan terdapat interaksi genotipe x lingkungan apabila dua genotipe atau lebih memberikan respons yang berbeda pada perubahan lingkungan. Perbedaan ekspresi akibat interaksi genotipe x lingkungan ini tampak pada perbedaan kemiringan garis regresi jika penampakan setiap genotipe diregresikan terhadap lingkungan. Analisis mengenai interaksi genotipe x lingkungan berhubungan dengan pendugaan secara kuantitatif stabilitas fenotipe dari genotipe yang diuji pada beberapa lingkungan. Beberapa metode statistik yang berbeda telah digunakan untuk menduga dan memisahkan ragam interaksi genotipe x lingkungan, antara lain komponen ragam, metode ragam, metode regresi dan teknik pengelompokan (Hesihn, 1990).

Weber dan Wricke (1990), menjelaskan bahwa terjadi interaksi genotipe lingkungan apabila dalam analisis ragam, nilai ragam interaksi genotipe lingkungan berbeda nyata. Nilai ragam interaksi genotipe lingkungan yang besar mengindikasikan peran gen aditif pada tanaman kurang berpengaruh. Secara umum karakter yang ingin diketahui interaksi genotipe x lingkungan ditransformasikan terlebih dahulu sebelum dianalisis. Dengan menggunakan logaritma atau fungsi akar kuadrat derajat interaksi dipengaruhi oleh semua transformasi non linier untuk mendapatkan lebih banyak informasi mengenai genotipe, maka harus dibuat grafik dengan level lingkungan pada garis horizontal dan hasil pada garis vertikal, lalu menghubungkan hasil dari genotipe yang sama. Untuk dua genotipe dan dua lingkungan ada tiga situasi yang mungkin terjadi, yaitu garis paralel (tidak ada interaksi), garis tidak paralel tanpa perpotongan garis, dan terjadi pemotongan garis.

Terdapat empat model pendugaan stabilitas, yaitu: 1) Analisis ragam 2) Analisis regresi 3) Teknik multivariat. Analisis ragam adalah kuadrat penyimpangan data terhadap rata-rata umum diboboti oleh ukuran populasinya, yang dapat dibedakan menjadi ragam contoh dan ragam populasi. Kemudian kaitannya dengan analisis sumber keragaman, dapat dibedakan menjadi : Analisis Univariat, pada analisis univariat keragaman berasal dari satu sumber, misalnya

data daya hasil kacang tanah. Analisis Multivariat, pada analisis multivariat, keragaman berasal dari lebih dari satu sumber atau variabel, misalnya data daya hasil kacang tanah berdasarkan varietas, lokasi dan musim tanam. Pada analisis ragam ini, penetapan stabilitas suatu genotipe adalah 1) Membandingkan genotipe yang diuji dengan kultivar kontrol genotipe uji yang tidak menunjukkan interaksi $G \times E$ nyata dengan kultivar kontrol dan daya hasilnya dikelaskan ke dalam: superior, inferior, atau tidak berbeda terhadap kontrol. 2) Genotipe dengan pola adaptasi yang mirip dengan kontrol dan memiliki daya hasil lebih tinggi pada lingkungan-lingkungan uji adalah yang direkomendasikan stabil. 3) Melihat nilai kuadrat tengah interaksi genotipe dengan kuadrat tengah interaksi yang rendah dinilai lebih stabil (Khotimah, 2011).

Weber dan Wricker, 1990 juga menambahkan bahwa interaksi dapat dihitung dengan analisis ragam, pemisahan kuadrat tengah diperlukan untuk menginterpretasikan hasil yang diperoleh. Dengan adanya posisi kuadrat tengah ini diharapkan pemulia tanaman dapat membuat kesimpulan berkenaan dengan respon genotipe terhadap lingkungan, dengan tujuan lain adalah menemukan lingkungan terbaik bagi genotipe tertentu. Baker (1990), membagi pendekatan regresi untuk mempelajari interaksi genotipe $\times$ lingkungan menjadi dua metode. Metode tradisional yang berdasarkan atas model linier dimana lingkungan dan efek interaksi dianggap sebagai variabel acak. Hal ini didasarkan bahwa seseorang tidak mampu memprediksi pengaruh lingkungan dan juga interaksi yang terjadi. Metode yang kedua adalah analisis regresi bersama yang didasarkan pada model non linier. Secara statistik metode ini berhubungan dengan uji non aditif pada tabel dua arah.

Poespodarsono (1988) menjelaskan bahwa penelitian yang berkaitan dengan peran genotipe, lingkungan dan interaksi genotipe $\times$ lingkungan terhadap penampakan sifat dapat didasarkan pada analisis ragam dengan menggunakan model statistik tertentu. Salah satunya adalah dengan model yang dikembangkan dari analisis *Fisher dan Mackenzi* yakni:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + r_j + (gr)_{ij} + e_{ijk}$$

Dimana

Y_{ijk} adalah sifat tanaman k dari genotipe i dan ulangan j

μ adalah rata-rata seluruh populasi, meliputi genotipe dan ulangan

g_i adalah peran genetik pada genotipe i

r_j adalah peran lingkungan pada ulangan j

$(gr)_{ij}$ adalah interaksi antara genotipe i dan ulangan j

e_{ijk} adalah sisa keragaman yang berasal dari lingkungan tanaman k, genotipe i dan ulangan j.

Untuk semua populasi maka,

$$\sum_i g_i = \sum p_j = \sum (ge_p)_{ij} = \sum r_{jk} = 0$$

Dari hasil analisis ragam diatas akan didapatkan kisaran keragaman dari masing-masing komponen, sehingga dapat digunakan dalam menyeleksi tanaman secara individu. Dari beberapa penelitian mengenai interaksi genotip x lingkungan diketahui bahwa interaksi genotipe x lingkungan dari genotipe yang ditanam pada berbagai lingkungan yang menunjukkan regresi linier. Weber dan Wricke (1990) memberikan penjelasan lebih detail bahwa dalam mempelajari interaksi genotipe x lingkungan, pendekatan dengan regresi seringkali digunakan yaitu dengan melakukan pendekatan hasil dari suatu genotipe diregresikan dengan besaran lain dari lingkungan. Diasumsikan bahwa koefisien regresi membutuhkan sebuah parameter untuk lingkungan yaitu indeks lingkungan.