

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai merupakan tanaman asli Daratan Cina dan telah dibudidayakan oleh manusia sejak 2500 SM. Sejalan dengan makin berkembangnya perdagangan antar negara 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. Tanaman kedelai merupakan tanaman sub tropika hari pendek, namun setelah didomestikasi dapat menghasilkan banyak kultivar lokal. Para pemulia tanaman pun telah mengintroduksi kultivar yang dapat beradaptasi terhadap lintang yang berbeda. Kemampuannya untuk ditanam dimana saja adalah keunggulan utama tanaman ini (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Awal mula penyebaran dan pembudidayaan kedelai yaitu di Pulau Jawa, kemudian berkembang ke Bali, Nusa Tenggara, dan pulau – pulau lainnya.

Dalam ilmu botani, 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.

Pada tahun 2010 pemerintah telah melakukan impor kedelai hingga lebih dari 1 juta ton untuk memenuhi kebutuhan kedelai dalam negeri. Saat ini, produksi dalam negeri hanya 1 juta ton sedangkan kebutuhan mencapai 2 juta ton lebih (Detik Finance, 2010). Tingginya impor terhadap kedelai ini merupakan salah satu bukti bahwa kebutuhan masyarakat terhadap kedelai semakin meningkat. Untuk itu perlu diadakan kegiatan pemuliaan tanaman pada kedelai.

Pemuliaan tanaman dapat dilakukan dengan merakit kultivar baru, dan keragaman merupakan modal dasar untuk merakit kultivar baru. Salah satu upaya peningkatan keragaman yaitu dengan induksi mutasi. Mutasi merupakan perubahan gen pembawa sifat yang menyebabkan berubahnya sifat individu pembawanya dan diturunkan pada generasi berikutnya. Individu yang mengalami mutasi disebut mutan, sedangkan mutagen adalah penyebab terjadinya mutasi. Mutasi yang terjadi pada sel somatik disebut mutasi somatik. Adapun mutasi

germinal adalah mutasi yang terjadi pada sel-sel kelamin. Perubahan materi genetik (DNA) dari suatu sel yang dapat diwariskan secara genetis kepada keturunannya. Mutasi merupakan perubahan yang terjadi pada materi genetik, perubahan ini dapat diwariskan maupun tidak dan perubahan ini dapat dideteksi. Ada beberapa pendapat para ahli tentang mutasi, di antaranya sebagai berikut: Menurut (Ayala, 1980), mutasi diartikan sebagai suatu proses yang dapat menyebabkan suatu perubahan pada suatu gen.

Mutasi adalah perubahan yang terjadi pada bahan genetik (DNA maupun RNA), baik pada taraf urutan gen (disebut mutasi titik) maupun pada taraf kromosom. Mutasi pada tingkat kromosomal biasanya disebut aberasi. Mutasi pada gen dapat mengarah pada munculnya alel evolusi mengenai munculnya variasi-variasi baru pada spesies. baru dan menjadi dasar bagi kalangan peneliti.

Mutasi terjadi pada frekuensi rendah di alam, biasanya lebih rendah daripada 1:10.000 individu. Mutasi di alam dapat terjadi akibat zat pembangkit mutasi (mutagen, termasuk karsinogen), radiasi surya maupun radioaktif, serta loncatan energi listrik seperti petir. Mutasi yang dapat disebabkan oleh beberapa agen mutagenik seperti radiasi, non radiasi maupun kimia dapat dilakukan secara buatan. Sumber irradiasi yang sering digunakan adalah sinar X, sinar gamma, ultra-violet, sinar beta dari radioisotop dan sinar neutron dari reaktor atom (Purnamasari, 2006).

Dalam mutasi, individu yang memperlihatkan perubahan sifat (fenotipe) akibat mutasi disebut mutan. Dalam kajian genetik, mutan biasa dibandingkan dengan individu yang tidak mengalami perubahan sifat (individu tipe liar atau "wild type").

Mutasi adalah perubahan pada materi genetik suatu makhluk yang terjadi secara tiba-tiba, acak, dan merupakan dasar bagi sumber variasi organisme hidup yang bersifat terwariskan (heritable). Mutasi dapat terjadi secara spontan di alam (spontaneous mutation) dan dapat juga terjadi melalui induksi (induced mutation). Secara mendasar tidak terdapat perbedaan antara mutasi yang terjadi secara alami dan mutasi hasil induksi. Keduanya dapat menimbulkan variasi genetik untuk

dijadikan dasar seleksi tanaman, baik seleksi secara alami (evolusi) maupun seleksi secara buatan (pemuliaan). (Gardner, 1991)

Aplikasi mutasi buatan sudah mulai dikenal dalam memperoleh bibit tanaman yang diharapkan. Mutan yang dikembangkan adalah tanaman yang poliploid dalam artian tanaman tersebut berkromosom banyak. Cara mendapatkan tanaman poliploid adalah dengan menggunakan penambahan zat kimia yang disebut kolkisin. Pengaruh positif mutasi buatan diantaranya adalah tanaman poliploid biasanya mempunyai ukuran yang lebih besar. Tindakan pembibitan dari hasil mutasi buatan harus diulang-ulang supaya di diperoleh keturunan galur murni, yaitu keturunan yang secara spesifik sudah stabil. Apabila tidak diulang-ulang kemungkinan jenis itu mengadakan perkawinan dengan jenis asal sebelum mutasi, maka akan ada kecenderungan untuk menurunkan keturunan seperti semula.

Laboratorium Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya saat ini telah mempunyai galur-galur potensial berdaya hasil tinggi, berbiji besar, dan toleran cekaman kekeringan yang diperoleh dari seleksi kedelai hasil mutasi menggunakan kolkhisin. Kegiatan mutasi yang dilakukan diharapkan menghasilkan kedelai yang unggul serta mampu berproduksi maksimal sehingga diperlukan uji multilokasi untuk mendapatkan kultivar yang unggul yang cocok ditanam pada kondisi wilayah tertentu.

Dalam penelitian sebelumnya, diperoleh 2 genotip yang mampu melebihi potensi hasil ketiga varietas kedelai yang diujikan yaitu Argopuro (Pembanding 1) sebesar (3,05 ton/ha), Wilis (Pembanding 2) sebesar (2,3 ton/ha) dan Gepak Kuning (Pembanding 3) sebesar (2,86 ton/ha). Kedua genotip tersebut adalah genotip 10NB#KB(500)(2)(20)S dan 30ANJ#(100)(1)(2)S. Dari 40 genotip yang diuji, potensi hasil tertinggi dimiliki oleh genotip 10NB#KB(500)(2/20)S yaitu sebesar 4.1 ton.ha⁻¹. Genotip 10NB#KB(500)(2/20)S memiliki bobot biji per tanaman yang lebih besar dibandingkan genotip uji lainnya dan mampu melebihi bobot biji per tanaman tiga kultivar pembandingnya yaitu sebesar 62.5 g. Genotip-genotip yang berpotensi memiliki daya hasil tinggi kemudian diseleksi kembali, namun hanya ada sebagian benih dari genotip tersebut yang jumlahnya memadai

untuk dilakukan uji multilokasi. Benih yang dipergunakan kembali di uji daya tumbuhnya kemudian diperoleh calon benih yang akan dipergunakan pada penelitian lebih lanjut yaitu benih-benih dari G7{7NB#ANJ(1000)(1)(10)S} yang selanjutnya menjadi G1, G10{10NB#KB(500)(2)(20)S} yang selanjutnya menjadi G2, G20{20NB#ANJ(100)(1)(9)S} yang selanjutnya menjadi G3, G16{16NB#ANJ(500)(2)(16)S} yang selanjutnya menjadi G4, G17{17NB#ANJ(1000)(1)(5)S} yang selanjutnya menjadi G5, G26{26NB#ANJ(500)(1)(11)S} yang selanjutnya menjadi G6 dan G33{33NB#ANJ(500)(2)(3)S} yang selanjutnya menjadi G7. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya dengan perbedaan pada metode penelitian dan tujuan. Jika pada penelitian sebelumnya, difokuskan untuk mencari kedelai yang memiliki potensi hasil tinggi dibandingkan kultivar pembanding pada penanaman tumpang sari dengan jagung. Pada penelitian ini difokuskan untuk mencari potensi hasil yang tinggi pada tiap-tiap lokasi.

Keragaman genetik terjadi sebagai akibat bahwa setiap tanaman mempunyai karakter genetik yang berbeda. Umumnya dilihat bila pada varietas - varietas yang berbeda ditanam di lingkungan yang sama. Keragaman genetik sebagai akibat faktor lingkungan dan keragaman genetik umumnya berinteraksi satu dengan yang lainnya dalam mempengaruhi fenotipe tanaman. Karakter tanaman seperti tinggi dan rendah, pewarnaan, umur tanaman, tinggi dan rendahnya hasil dan sebagainya ditentukan oleh gen-gen tertentu pada kromosom, interaksi gen-gen dengan lingkungan (Makmur, 1992)

Ada atau tidaknya pengaruh lingkungan terhadap penampilan suatu genotip merupakan bentuk dari sebuah interaksi. Interaksi genotipe x lingkungan ialah variasi yang disebabkan oleh pengaruh bersama dari genotipe dan lingkungan. Keberadaan interaksi genotipe dan lingkungan sangatlah penting dalam pemuliaan karena penampilan tanaman sangat dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe tanaman itu sendiri dan lingkungan tumbuhnya (Gauch dan Zobel, 1996).

Hall (2001) mengemukakan bahwa interaksi genotip dan lingkungan yang tidak nyata menunjukkan tanaman mampu berpenampilan baik pada kisaran lingkungan yang lebih luas, sedangkan interaksi genotip dan lingkungan yang

nyata menunjukkan tanaman hanya mampu berpenampilan baik pada lingkungan tertentu saja.

1.2 Tujuan Penelitian

- Untuk mengetahui penampilan karakter yang berbeda pada 9 galur potensial kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*) hasil mutasi, sebagai akibat adanya interaksi genotip dan lingkungan pada dua lokasi.
- Untuk mengetahui penampilan 9 galur potensial kedelai hasil mutasi di dua lokasi.

1.3 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan ialah :

1. Diduga terdapat interaksi genotip x lingkungan terhadap beberapa karakter pada 9 galur potensial kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*) di dua lokasi yang berbeda.
2. Terdapat galur-galur harapan yang mempunyai potensi hasil tinggi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini ialah dapat diketahui pengaruh interaksi genotip x lingkungan pada karakter kualitatif dan kuantitatif 9 galur potensial kedelai hasil mutasi. Sehingga dapat dijadikan pertimbangan dalam memilih galur yang berdaya hasil tinggi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kedelai

2.1.1 Klasifikasi dan Sifat Genetik Kedelai

Tanaman kedelai adalah anggota dari famili *Leguminosae*, sub famili *Papilionoideae*, dan masuk dalam genus *Glycine*. Tanaman kedelai yang dibudidayakan termasuk dalam spesies *Glycine max* (L) Merrill (Pitojo, S. 2003). Tanaman kedelai pada umumnya mempunyai susunan genom diploid dengan 20 pasang kromosom ($2n=40$) (Hinson dan Hartwig, 1977). Kedelai dikenal dengan beberapa nama lokal diantaranya adalah kedele, kacang jepung, kacang bulu, gadela, dan demokam. Di Jepang dikenal adanya kedelai rebus (Edamame) atau kedelai manis dan kedelai hitam (Koramame), sedangkan nama umum dunia disebut “Soybean” (Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

2.1.2 Morfologi kedelai

Tanaman kedelai umumnya tumbuh tegak, berbentuk semak, dan merupakan tanaman semusim. Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun, batang, polong, dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal.

Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji yang muncul di sekitar misofil. Calon akar tersebut kemudian tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri dari dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan yang cepat dari hipokotil. Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Selain itu kedelai juga seringkali membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Pada umumnya, akar adventif terjadi karena cekaman tertentu, misalnya kadar air tanah yang terlalu tinggi. Perkembangan akar kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah, jenis tanah, cara pengolahan lahan, kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah. Pertumbuhan akar tunggang dapat mencapai panjang sekitar 2 m atau lebih pada kondisi yang optimal, namun demikian, umumnya akar tunggang

hanya tumbuh pada kedalaman lapisan tanah olah yang tidak terlalu dalam, sekitar 30-50cm. Sementara akar serabut dapat tumbuh pada kedalaman tanah sekitar 20-30 cm. Akar serabut ini mula-mula tumbuh di dekat ujung akar tunggang, sekitar 3-4 hari setelah berkecambah dan akan semakin bertambah banyak dengan pembentukan akar-akar muda yang lain.



Gambar 1. Akar kedelai

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 semi-indeterminate. Jumlah buku pada batang tanaman dipengaruhi oleh tipe tumbuh batang dan periode panjang penyinaran pada siang hari. Pada kondisi normal, jumlah buku berkisar 15-30 buah. Jumlah buku batang indeterminate umumnya lebih banyak dibandingkan batang determinate. Cabang akan muncul di batang tanaman. Jumlah cabang tergantung dari varietas dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak bercabang. Jumlah batang bisa menjadi sedikit bila penanaman dirapatkan dari 250.000 tanaman/hektar menjadi 500.000 tanaman/hektar. Jumlah batang tidak mempunyai hubungan yang signifikan dengan jumlah 4 biji yang diproduksi.

Artinya, walaupun jumlah cabang banyak, belum tentu produksi kedelai juga banyak.



Gambar 2. Batang dan cabang kedelai

Daun tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang dominan, yaitu stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (*trifoliate leaves*) yang tumbuh selepas masa pertumbuhan. Umumnya, bentuk daun kedelai ada dua, yaitu bulat (oval) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Bentuk daun diperkirakan mempunyai korelasi yang sangat erat dengan potensi produksi biji. Umumnya, daerah yang mempunyai tingkat kesuburan tanah tinggi sangat cocok untuk varietas kedelai yang mempunyai bentuk daun lebar. Daun mempunyai stomata, berjumlah antara 190 320 buah/m². Umumnya, daun mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlahnya bervariasi. Panjang bulu bisa mencapai 1 mm dan lebar 0,0025 mm. Kepadatan bulu bervariasi, tergantung varietas, tetapi biasanya antara 3-20 buah/mm². Jumlah bulu pada varietas berbulu lebat, dapat mencapai 3-4 kali lipat dari varietas yang berbulu normal. Contoh varietas yang berbulu lebat yaitu IAC 100, sedangkan varietas yang berbulu jarang yaitu Wilis, Dieng, Anjasmoro, dan Mahameru. Lebat-tipisnya bulu pada daun kedelai berkaitan dengan tingkat toleransi varietas kedelai terhadap serangan jenis hama tertentu. Hama penggerek polong ternyata sangat jarang menyerang varietas kedelai yang berbulu lebat. Oleh karena itu, para peneliti pemulia tanaman kedelai cenderung menekankan pada pembentukan varietas yang tahan hama harus mempunyai bulu di daun, polong, maupun batang tanaman kedelai.



Gambar 3. Daun kedelai

Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu. Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun yang diberi nama rasim. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi. 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. Setiap ketiak tangkai daun yang mempunyai kuncup bunga dan dapat berkembang menjadi polong disebut sebagai buku subur. Tidak setiap kuncup bunga dapat tumbuh menjadi polong, hanya berkisar 20-80%. Jumlah bunga yang rontok tidak dapat membentuk polong yang cukup besar. Rontoknya bunga ini dapat terjadi pada setiap posisi buku pada 1-10 hari setelah mulai terbentuk bunga. Periode berbunga pada tanaman kedelai cukup lama yaitu 3-5 minggu untuk daerah subtropik dan 2-3 minggu di daerah tropik, seperti di Indonesia. Jumlah bunga pada tipe batang determinate umumnya lebih sedikit dibandingkan pada batang tipe indeterminate. Warna bunga yang umum pada berbagai varietas kedelai hanya dua, yaitu putih dan ungu.



Gambar 4. Bunga kedelai

Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya 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. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50, bahkan ratusan. Kecepatan 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 masak.



Gambar 5. Polong kedelai

Di dalam polong terdapat biji yang berjumlah 2-3 biji. Setiap biji kedelai mempunyai ukuran bervariasi, mulai dari kecil (sekitar 7-9 g/100 biji), sedang (10-13 g/100 biji), dan besar (>13 g/100 biji). Bentuk biji bervariasi, tergantung pada varietas tanaman, yaitu bulat, agak gepeng, dan bulat telur. Namun

demikian, sebagian besar biji berbentuk bulat telur. Biji kedelai terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kulit biji dan janin (embrio). Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut pusar (hilum) yang berwarna coklat, hitam, atau putih. Pada ujung hilum terdapat mikrofil, berupa lubang kecil yang terbentuk pada saat proses pembentukan biji.

Warna kulit biji bervariasi, mulai dari kuning, hijau, coklat, hitam, atau kombinasi campuran dari warna-warna tersebut. Biji kedelai tidak mengalami masa dormansi sehingga setelah proses pembijian selesai, biji kedelai dapat langsung ditanam. Namun demikian, biji tersebut harus mempunyai kadar air berkisar 12-13%.



Gambar 6. Biji kedelai

Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen (N_2) di atmosfer melalui aktivitas bakteri pengikat nitrogen, yaitu *Rhizobium japonicum*. Bakteri ini terbentuk di dalam akar tanaman yang diberi nama nodul atau bintil akar. Keberadaan *Rhizobium japonicum* di dalam tanah memang sudah ada karena tanah tersebut ditanami kedelai atau memang sengaja ditambahkan ke dalam tanah. Nodul atau bintil akar tanaman kedelai umumnya dapat mengikat nitrogen dari udara pada umur 10 – 12 hari setelah tanam, tergantung kondisi lingkungan tanah dan suhu. Kelembaban tanah yang cukup dan suhu tanah sekitar $25^{\circ}C$ sangat mendukung pertumbuhan bintil akar tersebut. Perbedaan warna hijau daun pada awal pertumbuhan (10 – 15 hst) merupakan indikasi efektivitas *Rhizobium japonicum*. Namun demikian, proses pembentukan bintil akar sebenarnya sudah terjadi mulai umur 4 – 5 hst, yaitu sejak terbentuknya akar tanaman. Pada saat itu,

terjadi infeksi pada akar rambut yang merupakan titik awal dari proses pembentukan bintil akar. Oleh karena itu, semakin banyak volume akar yang terbentuk, semakin besar pula kemungkinan jumlah bintil akar atau nodul yang terjadi.

Kemampuan memfiksasi N₂ ini akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman, tetapi maksimal hanya sampai akhir masa berbunga atau mulai pembentukan biji. Setelah masa pembentukan biji, kemampuan bintil akar memfiksasi N₂ akan menurun bersamaan dengan semakin banyaknya bintil akar yang tua dan luruh. Di samping itu, juga diduga karena kompetisi fotosintesis antara proses pembentukan biji dengan aktivitas bintil akar. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas inokulasi. Oleh karena inokulan berisi organisme hidup maka harus terlindung dari pengaruh sinar matahari langsung, suhu tinggi, dan kondisi kering karena dapat menurunkan populasi bakteri dalam media inokulan sebelum diaplikasikan. Bila perlu, inokulan dapat disimpan dalam lemari es pada suhu 4°C sebelum digunakan. Inokulan yang baik akan berisi sebanyak 10⁵ – 10⁷ sel/gr bahan pembawa. Pada waktu aplikasi bakteri *Rhizobium japonicum* ini, tidak diberikan bersamaan dengan fungisida karena fungisida banyak mengandung logam berat yang dapat mematikan bakteri. Sementara penggunaan herbisida tidak banyak pengaruhnya terhadap jumlah dan aktivitas bakteri ini. Ada beberapa metode aplikasi bakteri, yaitu pelapisan biji (*slurry method*), metode *sprinkle*, metode tepung (*powder method*), dan metode inokulasi tanah. Inokulasi biji dengan bakteri *Rhizobium japonicum* umumnya paling sering dilakukan di Indonesia, yaitu dengan takaran 5 – 8 g/kg benih kedelai. Mula-mula biji kedelai dibasahi dengan air secukupnya, kemudian diberi bubuk bakteri *Rhizobium japonicum* sehingga bakteri tersebut dapat menempel di biji. Bakteri tersebut kemudian dapat melakukan infeksi pada akar sehingga terbentuk nodul atau bintil akar. Bahan pembawa bakteri pada inokulasi biji ini umumnya berupa humus (peat).

Tanaman kedelai dikenal sebagai sumber protein nabati yang murah karena kadar protein dalam biji kedelai lebih dari 40%. Semakin besar kadar protein dalam biji, akan semakin banyak pula kebutuhan nitrogen sebagai bahan utama protein. Dilaporkan bahwa untuk memperoleh hasil biji 2,50 ton/ha, diperlukan nitrogen sekitar 200 kg/ha. Dari jumlah tersebut, sekitar 120 – 130 kg nitrogen dipenuhi dari kegiatan fiksasi nitrogen. Pemupukan nitrogen sebagai *starter* pada awal pertumbuhan kedelai perlu dilakukan untuk pertumbuhan dalam 1 minggu pertama. Pada keadaan tersebut, akar tanaman belum berfungsi sehingga tambahan nitrogen diharapkan dapat merangsang pembentukan akar. Hal ini akan membuka kesempatan pembentukan bintil akar. Selain itu, sistem perkecambahan kedelai berupa epigeal sehingga persediaan makanan didalam kotiledon lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan awal vegetatif dan seringkali nitrogen yang dibutuhkan tidak tercukupi. Namun demikian, bila penggunaan pupuk nitrogen terlalu banyak, akan menekan jumlah dan ukuran bintil akar sehingga akan mengurangi efektivitas pengikatan N₂ dari atmosfer.

2.2 Syarat Tumbuh Kedelai

Tanaman kedelai pada umumnya dapat beradaptasi terhadap berbagai jenis tanah dan menyukai tanah yang bertekstur ringan hingga sedang, dan berdrainase baik. Tanaman ini peka terhadap kondisi salin (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

Kedelai tumbuh baik pada tanah yang bertekstur gembur, lembab, tidak tergenang air, dan memiliki pH 6 - 6,8. pada pH 5,5 kedelai masih dapat berproduksi, meskipun tidak sebaik pada pH 6 – 6,8. pada pH < 5,5 pertumbuhannya sangat terlambat karena keracunan aluminium (Najiyati dan Danarti, 1999).

Kedelai dapat tumbuh di tanah yang agak masam akan tetapi pada pH yang terlalu rendah bisa menimbulkan keracunan Al. Nilai pH tanah yang cocok berkisar antara 5,8 – 7,0. Pada pH dibawah 5,0 pertumbuhan bakteri bintil dan proses nitrifikasi berjalan kurang baik (Suprpto, 2001).

2.3 Pemuliaan Tanaman Kedelai

Strategi pemuliaan ialah kemampuan merakit suatu varietas baru yang mempunyai keunggulan secara genetik dalam produksi yang diberikan, termasuk komponen – komponen yang mempengaruhi produksi tersebut (Mangoendidjojo, 2003). Para pemulia tanaman telah dapat menghasilkan berbagai bibit unggul tanaman yang dapat meningkatkan produksi pertanian secara nyata. Melalui proses seleksi tanaman yang diikuti dengan penyilangan, telah dihasilkan tanaman yang memiliki potensi genetik untuk berdaya hasil tinggi. Namun demikian seringkali tanaman tidak memberikan hasil sesuai dengan potensi genetiknya. Pengurangan hasil dapat mencapai 20% bahkan dalam keadaan ekstrim dapat mencapai 100%. Untuk itu perlu dilakukan pengujian – pengujian guna mengetahui potensi yang stabil.

Laboratorium Pemuliaan Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya telah berhasil membuat keragaman genetik tanaman kedelai melalui teknik mutasi menggunakan kolkhisin. Populasi-populasi awal kedelai yang diperlakukan dengan kolkhisin bervariasi dosis telah diseleksi dan menghasilkan genotip-genotip potensial berdaya hasil tinggi. Varietas Anjasmara, Kaba, dan W-9837 merupakan tiga varietas yang dimutasi menggunakan beberapa konsentrasi kolkhisin diantaranya 100 ppm, 250 ppm, 500 ppm, dan 1000 ppm. Hasil penelitian Pujiati (2010) tentang potensi hasil 19 galur M2 harapan kedelai hasil mutasi kolkhisin, menghasilkan empat genotip yang memiliki potensi hasil tinggi diantaranya genotip Anjasmoro(1)(12) dengan konsentrasi kolkhisin 250 ppm ($1,34 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), Kaba(2)(19) dengan konsentrasi kolkhisin 500 ppm ($2,08 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), W-9837(1)(4) ($1,58 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) dan W-9837 (1)(22) ($1,48 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) dengan konsentrasi kolkhisin 100 ppm.

Seleksi melalui uji multilokasi merupakan tahap akhir dari rangkaian kegiatan pemuliaan. Galur-galur yang diuji berjumlah 9 galur. Pengelompokan galur dan lingkungan sangat membantu di dalam memberikan keterangan praktis mengenai daerah adaptasi dari varietas yang akan dilepas. Galur-galur yang tersingkir dari seleksi tahap ini dimasukkan ke dalam koleksi plasma nutfah. Pada seleksi melalui uji daya hasil (pendahuluan, lanjutan dan multilokasi) varietas

unggul selalu disertakan untuk digunakan sebagai pembanding terhadap galur-galur harapan yang diuji (Kasno, 1992).

2.4 Penampilan Fenotipe Kedelai

Nilai fenotipik suatu genotipe secara umum dapat dinyatakan dalam bentuk formula sebagai berikut : $P = G + E + I_{GE}$, dimana P adalah nilai fenotipik, G adalah nilai genotipik, E adalah deviasi lingkungan dan I_{GE} merupakan interaksi antara genotipe dan lingkungan. Dari formula tersebut terlihat bahwa penampilan setiap sifat merupakan hasil dari kerjasama antara gen dan lingkungan. Gen-gen tidak dapat menampilkan karakteristiknya kecuali memperoleh lingkungan yang sesuai, sebaliknya tidak ada perbaikan lingkungan yang menyebabkan penampilan suatu sifat kecuali hadir gen-gen yang mengendalikan sifat tersebut. Jika gen-gen atau lingkungan berubah, karakteristik yang dihasilkan dari interaksi keduanya mungkin juga berubah (Basuki, 2005).

Crowder (1997) menyatakan bahwa penampakan suatu fenotipe tergantung dari sifat hubungan antara genotipe dan lingkungan. Perkembangan suatu organisme sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya dan juga interaksi antar gen. Organisme hidup selalu tanggap terhadap lingkungan selama perkembangannya dari zigot sampai mati. Lingkungan termasuk faktor-faktor dalam sel dan faktor di luar sel yang mempengaruhi penampakan fenotipe.

Lingkungan sebagai tempat tumbuh tanaman memiliki peran yang penting terhadap hasil. Lingkungan tumbuh yang sesuai akan mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga tanaman dapat berproduksi secara optimal (Purwanti, 1993). Suatu karakter tidak dapat berkembang dengan baik apabila hanya dipengaruhi oleh gen tanpa disertai oleh keadaan lingkungan yang sesuai. Sebaliknya, keadaan lingkungan yang optimal tidak akan menyebabkan suatu karakter dapat berkembang dengan baik tanpa didukung oleh gen yang diperlukan. Jadi kesesuaian antara tanaman dan lingkungan tumbuh tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan dan tingginya hasil yang dicapai (Purwanti, 1993).

2.5 Pengaruh Interaksi Genotip dan Lingkungan

Genotipe merupakan tingkat penampilan tanaman yang ditentukan oleh sekelompok sifat yang diturunkan, sedangkan fenotipe dihasilkan terutama oleh genotipe hasil interaksi antara genetik dengan lingkungan tempat tanaman tumbuh. Suatu tanaman yang memiliki genotipe yang sama tumbuh di tempat yang berbeda dapat menghasilkan fenotipe yang berbeda. Pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman yang ditanam di lingkungan yang berbeda, hasilnya akan ditentukan oleh adanya pengaruh genotipe, lingkungan dan interaksi antara genotipe dengan lingkungan tempat tumbuhnya (Hall, 2001).

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. Menurut Kuswanto, Kasno, Soetopo dan Hadiastono (2005) dalam pengujian perlu memperhatikan besarnya interaksi antara genotipe dengan lingkungannya, untuk menghindari kehilangan genotipe-genotipe unggul dalam pelaksanaan seleksi.

Identifikasi genotipe ideal dalam hal produksi maksimum menjadi sulit apabila interaksi genotipe dan lingkungan muncul. Hal ini tampak dari beberapa genotipe yang diuji di beberapa lingkungan sering tidak menunjukkan rangking yang sama untuk daya hasilnya di semua lingkungan pengujian meskipun pada musim yang sama.

Rekomendasi terhadap genotipe sebagai jenis/varietas tanaman baru untuk tujuan komersial memerlukan prediksi yang reliabel dan akurat terhadap rata produksi dari setiap varietas pada berbagai lingkungan serta pengetahuan yang memadai tentang interaksi genotipe dan lingkungan. Informasi ini dapat diperoleh dari beberapa percobaan atau sering disebut *Multi Environment Trial* (MET) (Sumartajaya, 2007).

Ada atau tidaknya pengaruh genotip dengan lingkungan yang dimaksud merupakan bentuk dari sebuah interaksi, dimana interaksi genotipe dan lingkungan ialah variasi yang disebabkan oleh pengaruh bersama dari genotipe dan lingkungan. Keberadaan interaksi genotipe dan lingkungan sangatlah penting

dalam pemuliaan karena penampilan tanaman sangat dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe tanaman itu sendiri dan lingkungan tumbuhnya (Gauch dan Zobel, 1996).

Dalam pengembangan varietas baru diperlukan pengetahuan tentang interaksi genotip dan lingkungan. Interaksi genotipe dan lingkungan penting dilakukan dalam membuat rekomendasi tentang kultivar yang dianjurkan dan seleksi tanaman, sesuai dengan yang dikemukakan oleh Soemartono, Nasrullah dan Harliko (1992).

Crowder (1997) mengemukakan bahwa total ragam biologis atau yang nampak dari suatu individu dari dalam suatu populasi untuk suatu sifat tertentu disebut sebagai ragam fenotip (V_P). Ragam fenotip ialah hasil dari pengaruh ragam genetik (V_G), ragam lingkungan (V_E) dan ragam interaksi genotipe dan lingkungan (V_{GE}).

Pengaruh lingkungan terhadap penampilan suatu genotipe dapat diketahui dengan diadakannya pengujian varietas atau galur pada berbagai lokasi yang berbeda. Semakin banyak lokasi pengujian akan dapat membentuk gambaran tentang kemampuan adaptasi tanaman tersebut. Faktor lingkungan seperti ketinggian tempat, jenis tanah dan iklim berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Faktor lingkungan tersebut sering digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perbedaan lingkungan. Menurut Poespodarsono (1988), pengujian yang biasa dilakukan adalah dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dari masing-masing lokasi dan perlakuannya adalah sejumlah varietas dan galur yang diuji. Ukuran percobaan yang digunakan biasanya kecil dan menggunakan rancangan yang sederhana. Kemudian data dari beberapa lokasi dianalisa bersama pada akhir setiap musim tanam dengan menggunakan analisis ragam gabungan untuk mengetahui pengaruh interaksi perlakuan, lokasi dan pengaruh rata - rata untuk perlakuan antar lokasi yang homogen. Pengaruh ini merupakan dasar utama untuk mengenali penampilan terbaik dan wilayah adaptasi (Gomez dan Gomez, 1995).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2011 hingga bulan Juli 2011. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada dua lokasi. Lokasi pertama berada di kelurahan Merjosari, Jl. Perum Joyogrand Kecamatan Lowokwaru, Malang dengan ketinggian tempat ± 562 m dpl dan suhu rata-rata harian 29°C . Lokasi kedua berada di Desa Balerejo, Kecamatan Kauman, Kabupaten Tulungagung dengan ketinggian tempat ± 127 m dpl dan suhu rata-rata harian 36°C .

3.2 Alat Dan Bahan

Alat-alat digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, raffia, bajak, garu, ajir, cangkul, sabit, tugal, terpal, jangka sorong, penggaris, label, meteran, papan nama, kamera dan alat tulis menulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah 7 galur potensial kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) hasil mutasi dengan colchicine antara lain, G1 {7NB#ANJ(1000)(1/10)S}, G2 {10NB#KB(500)(2/20)S}, G3 {20NB#ANJ(100)(1/9)S}, G4 {16NB#ANJ(500)(2/16)S}, G5 {17NB#ANJ(1000)(1/5)S}, G6 {26NB#ANJ(500)(1/11)S}, G7 {33NB#ANJ(500)(2/3)S} (Lampiran 1) dimana sebelumnya diperlakukan dengan perendaman kolkhisin. Terdapat dua varietas pembandingan yang digunakan yaitu ANJASMORO dan KABA (Lampiran 1). Bahan lain yang digunakan adalah pupuk berupa SP 36 – 100 kg/ha, KCl 75 kg – 100 kg/ha, dan Urea 50 kg/ha.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 3 ulangan dan dilakukan di dua lokasi. Perlakuan berupa 7 galur M5 hasil penggandaan kromosom dengan menggunakan colchicine. Terdapat 2 varietas sebagai kontrol. Dalam satu plot untuk setiap genotip terdapat 175 tanaman dengan jarak tanam 40 x 20 cm.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan yang dilaksanakan dalam penelitian meliputi :

1. Persiapan Lahan

Persiapan awal yaitu membersihkan lahan dari rumput dan sisa kotoran yang ada di sekitar lahan. Tanah diolah sampai gembur, bersih dari gulma dan dibuat plot dengan ukuran panjang 5 m, lebar 3 m dan tinggi 15 cm. Antar ulangan dibatasi parit dengan ukuran 75 cm dan disesuaikan denah percobaan. Satu plot terdiri dari 175 tanaman.

2. Penanaman

Penanaman dilakukan dengan jarak tanam 40 x 20 cm, tiap lubang tanam diisi dua benih kedelai. Pada saat penanaman benih dilakukan penambahan insektisida furadan untuk mencegah serangan hama. Jumlah tanaman setiap galur ialah 525 tanaman dengan sampel tiap plot 20 tanaman.

3. Perawatan

Perawatan tanaman meliputi penyulaman, penyiangan, penyiraman, pemupukan dan pemberantasan hama.

a. Penyulaman

Penyulaman dilakukan apabila benih yang ditanam tidak tumbuh selang 7 hari setelah penanaman pertama.

b. Pemupukan

Pemupukan pertama dilakukan 2 minggu setelah tanam, dengan menggunakan pupuk NPK \pm 3 gram/lubang tanam. Pemupukan kedua dilakukan 3 minggu setelah pemupukan pertama dengan menggunakan pupuk urea. Pemupukan yang ketiga diberikan selang 2 minggu setelah pemupukan kedua dengan menggunakan pupuk urea sebanyak 2 gram/lubang tanam baik pada pemupukan kedua atau ketiga.

c. Penyiraman

Pengairan diberikan secukupnya sesuai kebutuhan tanaman untuk menjaga kelembaban tanah dan untuk menjamin ketersediaan air terutama pada saat tidak adanya hujan.

d. Penyiangan

Penyiangan dilakukan jika tumbuh gulma di areal pertanaman.

e. Pengendalian Hama

Pengendalian hama dilakukan apabila terdapat adanya gejala serangan hama dan penyakit.

4. Pemanenan

Pemanenan kedelai dilakukan pada saat tanaman menunjukkan ciri fisiologis siap panen, yaitu: ukuran polong telah optimal untuk dapat dipasarkan (maksimal), mudah dipatahkan dan jika 70% daun telah menguning dan rontok serta polong keras dan berubah warna menjadi kecoklatan.

Pelaksanaan panen dapat dilakukan pada pagi hari saat keadaan cuaca cerah dan dapat pula pada sore hari. Pemanenan polong dilakukan dengan cara memetik atau memotong tangkai polong dengan gunting. Panen benih dilakukan saat polong sudah kering merata yang ditunjukkan dengan perubahan warna polong menjadi coklat.

3.5 Variabel Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan terdiri dari pengamatan untuk karakter kualitatif dan karakter kuantitatif pada seluruh sampel yang terdiri dari 20 tanaman per plot (galur) pada tiga ulangan. Karakter kualitatif terdiri dari :

Karakter kualitatif terdiri dari :

1. Warna hipokotil (hijau, ungu)
2. Warna bunga (putih, ungu)

3. Intensitas bulu pada tanaman (banyak, sedikit, tidak ada)
4. Tipe tumbuh batang (determinit, semi-determinit, semi-indeterminit dan indeterminit)
5. Tipe percabangan (tegak, tegak - agak tegak, agak tegak, agak tegak – horizontal, horizontal).
6. Bentuk daun (lanset, segitiga, oval meruncing dan oval membulat), ukuran daun (kecil, sedang dan besar) dan intensitas warna hijau daun (hijau muda, hijau dan hijau tua)
7. Warna daun (hijau muda, hijau dan hijau tua)
8. Warna polong (cokelat muda, cokelat dan cokelat tua)
9. Bentuk biji (bulat, bulat pipih, lonjong, lonjong pipih)
10. Warna biji: kuning muda, kuning, kuning tua, kuning hijau, hijau kuning, coklat muda, coklat coklat, tua hitam.

Karakter kuantitatif terdiri dari :

1. Umur berbunga (hari), dihitung mulai dari saat tanam sampai saat tanaman mulai berbunga.
2. Umur matang panen (hari), dihitung mulai saat tanam sampai dengan saat tanaman dipanen.
3. Tinggi tanaman (cm), tinggi tanaman diukur mulai pangkal batang sampai titik tumbuh tanaman.
4. Jumlah cabang produktif per tanaman, dihitung seluruh cabang yang menghasilkan polong.
5. Jumlah daun per tanaman, dihitung seluruh daun yang terdapat dalam satu tanaman.
6. Jumlah polong pertanaman, pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah polong pada tanaman.
7. Jumlah biji pertanaman, pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah biji pada tiap tanaman.
8. Bobot biji pertanaman (g), dilakukan dengan menimbang semua biji bernas per tanaman pada keadaan kering konstan.

9. Bobot 100 biji (g), ditimbang bobot 100 biji bernas pertanaman.
10. Potensi hasil (ton.ha⁻¹), dihitung berdasarkan bobot total biji kering pada ukuran 2.25 m², dan dikonversi menggunakan rumus :

$$\text{Hasil biji kering (ton.ha}^{-1}\text{)} = \left[\frac{\left(10000 \text{ (m}^2\text{)} \times \frac{\text{bobot biji pada ukuran } 2.25 \text{ m}^2 \text{ (g)}}{2.25 \text{ m}^2} \right)}{1000000 \text{ (g)}} \right]$$

3.6 Analisis Data

Analisa data untuk mengetahui adanya interaksi genotipe dan lingkungan dilakukan menggunakan analisis ragam untuk masing-masing lokasi kemudian dilakukan analisis ragam gabungan. Analisis ini digunakan untuk menduga ragam interaksi genotipe lingkungan di dua lokasi.

Analisis varian (ANOVA) yang dapat diajukan untuk masing-masing lokasi ialah sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis varians pada masing – masing lokasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	KTH
Kelompok	r-1	Jkr	KTr	$\sigma_e^2 + t \sigma_r^2$
Genotip	t-1	Jkg	KTg	$\sigma_e^2 + r \sigma_g^2$
Galat	(r-1) (t-1)	Jke	KTe	σ_e^2
Total	rt-1	Jkt		

Sumber: Gomez dan Gomez (1995)

Keterangan: σ^2_g : ragam genetik r : banyaknya ulangan
 σ^2_e : ragam lingkungan t : banyaknya genotip yang diuji

Untuk menguji homogenitas ragam galat digunakan model analisis

$$g_{ij} = \mu' + \tau'_i + \beta'_j + \varepsilon'_{ij}$$

i = 1,2,...n (banyaknya perlakuan) ; j = banyak ulangan



Keterangan :

σ_{ij} = ragam galat dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

ϵ_{ij} = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke-i

β_j = pengaruh ulangan ke-j

(Yitnosumarto, 1993)

Tabel 2. Analisis varians gabungan

Sumber	db	KT	KTH	F hit
Keragaman				
Lokasi	l-1	KT5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gl}^2 + g\sigma_{rl}^2 + rg\sigma_l^2$	
Ulangan	1(r-1)	KT4	$\sigma_e^2 + g\sigma_{rl}^2$	
Genotip	g-1	KT3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gl}^2 + rl\sigma_g^2$	KT3/KT2
Galur x Lokasi	(g-1)(l-1)	KT2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gl}^2$	KT2/KT1
Galat	l(g-1)(r-1)	KT1	σ_e^2	
Total	rgl-1	JKT		

Sumber: Yitnosumarto (1993)

Jika hasil analisis varians menunjukkan adanya interaksi genotip x lingkungan yang nyata maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf 5%.

$$BNJ_{0,05} = Q_{0,05(p; db \text{ galat})} \times \sqrt{\frac{s^2}{Ulangan}}$$

Dimana : p = Banyaknya perlakuan

s^2 = KT Galat

Q = Nilai BNJ

(Sastrosupadi, 2000)

