

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kedelai hitam merupakan salah satu varietas dari kedelai (*Glycine max* L. Merr). Kedelai hitam secara botani dan kandungan nutrisi memiliki banyak kesamaan dengan kedelai kuning, namun karena warnanya yang hitam menjadikan kedelai ini memiliki pemanfaatan yang spesifik. Beberapa produk olahan hasil pemanfaatan kedelai hitam adalah kecap, tauco, tempe, tahu, susu kedelai dan lain-lain. Namun yang sangat identik dengan kedelai hitam adalah olahan kecap.

Negara-negara Asia Timur menjuluki kedelai hitam sebagai *the king of plant protein* karena kedelai hitam mengandung protein yang tinggi, selain itu pada kulit kedelai hitam mengandung antosianin (Adie dkk, 2009). Dengan adanya kandungan antosianin pada kulit kedelai ini, menjadikan warna pada kulit kedelai hitam berbeda dengan kedelai lain, contohnya kedelai kuning. Antosianin atau pigmen pemberi warna pada bunga, buah dan daun pada tumbuhan hijau ini memberikan warna kulit berbeda pada kedelai. Kedelai sendiri jika dibedakan berdasarkan warna kulitnya, terdiri atas kedelai kuning, kedelai hitam, kedelai coklat dan kedelai hijau.

Olahan kedelai yang beragam yang berbahan dasar kedelai hitam tidak diimbangi dengan ketersediaan varietas-varietas unggul lokal yang ada. Sangat sedikit varietas unggul lokal kedelai hitam yang ditemukan, diantaranya varietas Merapi, Cikuray, Mallika, yang umumnya memiliki ukuran biji yang kecil. Varietas Detam 1, Detam 2, Detam 3 Prida, dan Detam 4 Prida relatif memiliki ukuran biji yang besar, memiliki potensi hasil 3,0-3,5 ton.h⁻¹ dan kadar protein 45% menjadikan varietas Detam cocok untuk dijadikan bahan baku kecap (Harsanti dan Yulinar, 2015). Menurut Deskripsi Varietas Lokal Kedelai (2016) kedelai hitam yang memiliki potensi hasil tertinggi adalah kedelai varietas Mutiara 2 dengan potensi hasil 3,5 ton.ha⁻¹.

Kebutuhan kedelai dari tahun ke tahun terus meningkat. Pada tahun 2020 sendiri kebutuhan akan kedelai secara nasional mencapai > 2 juta ton/tahun,

kebutuhan ini jauh jika dibandingkan dengan produksi yang dihasilkan. Produksi kedelai di tahun 2020 hanya mencapai < 1 juta ton/tahun sehingga defisit hingga sampai 1 juta ton lebih (Satria, 2021). Rendahnya tingkat produksi ini disebabkan oleh keterbatasan lahan serta penggunaan benih yang tidak sesuai.

Kedelai varietas Detam 3 Prida merupakan varietas unggul nasional yang peka terhadap hama penghisap polong dan penyakit karat. Varietas Detam 3 Prida dengan potensi hasil 3,2 ton.ha⁻¹ dan rata-rata kedelai yang dihasilkan 2,9 ton.ha⁻¹ memiliki 36,4% kandungan protein serta 18,7% kandungan lemak (BPTPI, 2016). Uji daya hasil yang dilakukan di 16 sentra produksi kedelai, hasil Detam 3 Prida mencapai 2,88 ton.ha⁻¹ ini menjadi lebih tinggi dibandingkan hasil biji Detam 1 (2,66 ton.ha⁻¹) dan hasil biji Mallika (2,46 ton.ha⁻¹) (Badan Litbang Pertanian, 2016).

Untuk mengatasi kekurangan pasokan kedelai maka diperlukan suatu usaha meningkatkan produksi kedelai nasional. Salah satu caranya adalah dengan perbaikan varietas unggul kedelai melalui teknik mutasi radiasi. Penggunaan mutasi radiasi dalam perbaikan produktivitas beberapa varietas kedelai sudah mulai diperkenalkan oleh peneliti luar negeri dari tahun 1997, yang kemudian berhasil meningkatkan hasil produksi kedelai yang diteliti setelah di radiasi. Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian sebelum-sebelumnya, penggunaan sinar gamma dalam pemuliaan tanaman kedelai mampu meningkatkan produktivitas.

Mutasi adalah salah satu cara teknik pemuliaan tanaman yang dilakukan untuk memperbaiki atau mengubah sifat genetik tanaman. Mutasi dapat dilakukan secara kimia (EMS, DEB, dan Sodium Azide) dan secara fisika dapat menggunakan iradiasi (sinar gamma dan sinar X) yang sering digunakan untuk meningkatkan keragaman genetik. Perubahan yang dilakukan melalui mutasi genetik (genom, kromosom, gen) yang telah terjadi secara spontan, acak, dan sebagai sumber variasi organisme hidup (Harsanti dan Yulidar, 2015).

Proses induksi mutasi dalam pemuliaan tanaman sangat perlu diperhatikan dosis mutagennya, jangan terlalu tinggi dan jangan terlalu rendah. Peluang terjadinya mutasi dan persentasenya tergantung pada umur tanaman, bagian tanaman, fase pertumbuhan, jenis mutagen, lama perlakuan mutagen, dan dosis

mutagen (Giono dkk, 2014). Penggunaan iradiasi sinar gamma dilakukan pada benih yang akan ditumbuhkan. Diharapkan nantinya perubahan yang lebih baik akan didapatkan dari hasil keturunan selanjutnya, khususnya terhadap produksi yang tinggi.

Pemuliaan dengan iradiasi sinar gamma ini diharapkan akan meningkatkan hasil yang lebih tinggi lagi pada kedelai Detam 3 Prida dari potensi hasil yang dimiliki. Proyeksi ini diharapkan akan membantu pemenuhan kebutuhan akan kedelai hitam nasional yang nyatanya memang masih memiliki produksi yang rendah.

Berdasarkan penjelasan-penjelasan diatas maka perlu diupayakan peningkatan keragaman kedelai varietas Detam 3 Prida khususnya pada potensi hasil dengan seleksi pada generasi (M_2) yang telah diberikan perlakuan iradiasi sinar gamma.

1.2 Tujuan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan respon iradiasi sinar gamma terhadap produksi kedelai hitam Detam 3 Prida generasi mutan kedua (M_2).

1.3 Kerangka Pemikiran

Kedelai hitam mulai dinilai sebagai sumber pangan fungsional yang potensial. Beberapa Negara seperti Jepang, Korea, Cina dan Taiwan mulai melakukan penelitian fungsi kedelai hitam yang tidak digunakan hanya untuk bahan baku kecap tetapi untuk bahan baku burger, es krim, salad dan beberapa olahan makanan yang lain. Negara-negara Asia Timur menjuluki kedelai hitam sebagai *the king of plant protein* karena kedelai hitam mengandung protein yang tinggi, selain itu pada kulit kedelai hitam mengandung antosianin (Adie dkk, 2009).

Terbatasnya produksi kedelai hitam di Indonesia menyebabkan produsen kecap beralih menggunakan kedelai kuning sebagai bahan pembuat kecap, dikarenakan jumlah produksi kedelai hitam di Indonesia yang tidak mencukupi sebagai bahan dasar pembuatan kecap (Satria, 2021). Berdasarkan data BPS

(Badan Pusat Statistik) tahun 2014 menyebutkan bahwa produksi kedelai dalam negeri hanya dapat memenuhi 35% dari kebutuhan yang ada sehingga mengakibatkan pemerintah harus impor.

Salah satu cara meningkatkan produksi tanaman kedelai hitam adalah dengan menciptakan galur baru yang unggul dan memiliki potensi hasil yang tinggi. Meningkatkan produksi dapat dilakukan dengan pemuliaan tanaman, salah satu pemuliaan tanaman yang dapat digunakan adalah dengan mutasi iradiasi sinar gamma. Pemuliaan tanaman dengan teknik mutasi iradiasi sudah berkembang cukup pesat di Indonesia. Induksi iradiasi sinar gamma biasanya digunakan untuk mendapatkan varietas unggul baru. Produk seperti padi, kedelai, sorgum, gandum dan kapas banyak menghasilkan varietas unggul baru dari mutasi iradiasi sinar gamma dan sudah dilepas (Harsanti dan Yulidar, 2019).

Untuk tanaman kedelai sendiri varietas unggul yang dihasilkan dari mutasi iradiasi, kemudian memiliki produksi yang tinggi yaitu kedelai berumur genjah (Gamasugen 1 dan Gamasugen 2), kedelai berbiji besar (Mutiara 1), kedelai hitam (Mutiara 2 dan Mutiara 3), serta kedelai tahan lahan masam (Rajabasa) (Harsanti dan Yulidar, 2019). Karena induksi iradiasi dilakukan pada biji, maka kisaran dosis yang efektif lebih tinggi dibandingkan jika dilakukan pada bagian tanaman lainnya. Sinar gamma akan menghasilkan energi, kemudian merusak molekul melalui reaksi spontan dimana energi yang dihasilkan tadi akan diserap oleh molekul DNA.

Kelemahan dari pemuliaan mutasi adalah mutasi bersifat random, sehingga harus menentukan karakter atau sifat seperti apa yang akan diperbaiki. Ini akan berpengaruh kepada efektifitas perbaikan yang diharapkan. Pada generasi kedua (M_2) keragaman genetik serta perubahan sifat agronomis terjadi di pemberian dosis 200 Gy pada kedelai Argomulyo. Selain keragaman genetik, peningkatan produksi juga terjadi di pemberian dosis yang sama (Asadi dkk, 2013). Menurut Mudibu dkk, (2012) untuk meningkatkan keragaman genetik pada kedelai, dosis 200 Gy yang diaplikasikan pada biji merupakan dosis anjuran.

Pada kedelai varietas Mutiara 1 kedelai yang diberi dosis iradiasi sinar gamma 150 Gy memiliki rata-rata produksi $2,4 \text{ ton.ha}^{-1}$ dan potensi hasil $4,1 \text{ ton.ha}^{-1}$. Kedelai ini memiliki potensi hasil tinggi jika diproduksi di lahan sawah

dan lahan kering tegalan (Departemen Pertanian, 2010). Seleksi biasanya dilakukan pada generasi kedua (M_2) ini, yang nantinya diharapkan akan menunjukkan segregasi pada lokus-lokus yang mengalami mutasi sehingga keragaman genetiknya dapat diamati (Hanafiah dkk, 2011).

Tanaman kedelai generasi mutan kedua (M_2) biasanya menunjukkan keragaman genetik serta heritabilitas karakter agronominya juga beragam. Pada generasi (M_2) tanaman memiliki umur lebih genjah dibandingkan dengan tetuanya (Arwin & Yuliasti, 2017). Keberagaman genetik ini terjadi karena adanya segregasi. Munculnya segregasi pada populasi galur (M_2) ditandai oleh peningkatan keragaman dibandingkan induknya, yang biasanya dapat dilihat saat pertanaman masih dilapangan. Hal-hal yang cenderung beragam pada populasi tanaman generasi mutan kedua (M_2) adalah tinggi tanaman, jumlah isi polong, jumlah polong bernas, dan bobot bulir/tanaman yang menunjukkan hasil lebih tinggi dibandingkan tanaman induknya (Asadi dkk, 2013).

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dibuat dari penelitian ini adalah diduga terdapat dosis iradiasi yang akan memberikan respon terhadap produksi kedelai hitam Detam 3 Prida generasi mutan kedua (M_2);

1.5 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dosis iradiasi sinar gamma pada genotipe (M_2) yang memiliki hasil tinggi, sehingga dapat digunakan untuk generasi (M_3) yang akan ditanam selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kedelai Hitam

Kedelai hitam memiliki nama latin *Glycine max* bersinonim dengan *G. soja* hanya saja *G. soja* pemakaiannya lebih luas dari *G. max* yang merupakan tanaman asli daerah Asia subtropik seperti Tiongkok dan Jepang Selatan, sementara *G. soja* merupakan tanaman Asia tropis di Asia Tenggara. Kedelai merupakan sumber utama protein nabati dan minyak nabati dunia. Kedudukan tanaman kedelai hitam dalam sistematik tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut (Adisarwanto, 2005) :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Rosales</i>
Famili	: <i>Leguminoceae</i>
Sub Famili	: <i>Papilionoideae</i>
Genus	: <i>Glycine</i>
Species	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill

Karakteristik tanaman kedelai hitam memiliki batang dengan tinggi sekitar 56,9 cm. Batang tanaman yang tumbuh dapat dibedakan dengan dua tipe yaitu *determinate* dan *indeterminate* (Adisarwanto, 2008). Batang *determinate* adalah batang yang sudah tidak dapat tumbuh lagi pada saat tanaman sudah berbunga, sementara *indeterminate* adalah batang yang masih dapat tumbuh lagi atau bertunas daun baru meskipun tanaman sudah mulai berbunga (Suhartina dan Kuswantoro, 2011). Daun kedelai berwarna hijau dan berbentuk lonjong (*triangular*) dengan ukuran daun medium. Daun kedelai memiliki berbagai bentuk tergantung pada varietas kedelai yakni lonjong, *lanceolate* atau dapat disebut berdaun lebar (*broad leaf*) dan berdaun sempit (*narrow leaf*).

Kedelai merupakan salah satu tanaman *Leguminoceae* yang bersimbiosis dengan bakteri *rhizobium* yang banyak terdapat di daerah perakaran dengan membentuk bintil akar (Yuwono, 2006). Bakteri *rhizobium* dapat memfiksasi unsur N, dengan mengubah N dari bentuk tidak tersedia menjadi bentuk tersedia adalah melalui proses yang dikenal dengan penambatan nitrogen biologis (*biological nitrogen fixation* = BNF), dimana (N_2) udara diubah menjadi ammonia karena adanya enzim nitrogenase yang dihasilkan oleh bakteri *rhizobium*.

Bunga kedelai merupakan bunga sempurna yang memiliki warna ungu atau putih, serta alat reproduksi bunga jantan dan betina pada satu tempat yang sama. Bunga kedelai terdiri dari dua kelopak dan dua mahkota sehingga bunga ini seringkali disebut bunga kupu-kupu. Bunga kedelai akan muncul pada ketiak daun atau juga dapat muncul pada cabang tanaman yang terdapat daun (Suhartin dkk, 2012).

Benih kedelai terdiri dari embrio, kotiledon dan kulit benih. Embrio terdiri dari radikula, plumula, dan hipokotil. Kotiledon benih kedelai memiliki struktur yang besar berisikan cadangan makanan benih kedelai. Kotiledon berasal dari protoderm dan sel dalam yang mengalami pembelahan dan diferensiasi. Benih kedelai berbentuk lonjong bulat dengan ukuran bermacam-macam tergantung varietasnya. Bagian kulit benih merupakan bagian terluar dari benih yang terdiri atas testa, lapisan epidermis, hypodermis dan parenkim. Warna benih kedelai terdiri dari kuning muda, kuning, kuning tua, kuning hijau, hijau kuning, coklat muda, coklat, coklat tua, dan hitam (Suhartina dkk, 2012).

Polong kedelai saat berumur muda akan berwarna hijau, sedangkan polong akan berubah warna hitam ketika polong sudah masak dengan bentuk gepeng lonjong (Adie dan Krisnawati, 2015). Ukuran polong kedelai memiliki berbagai bentuk macam isi polong diantaranya 2-3 biji. Pada berbagai varietas memiliki bentuk biji yang berbeda pula. Pengelompokkan biji diantaranya kecil (<10 g/100 biji), sedang (10 – 14 g/100 biji), dan besar (>14 g/100 biji). Kedelai Hitam (Detam) memiliki hasil produksi hingga 3,45 ton.h⁻¹, dapat berbunga pada umur 35 HST (hari setelah tanam), umur masak ± 82 hari, tinggi tanaman ± 58 cm, berat ± 14,84 g/100 biji, bunga berwarna ungu, berbiji hitam, warna helium putih, bentuk biji sedikit bulat, peka pada kondisi kering (Balitkabi, 2015).

Karakter agronomi tanaman kedelai dilihat dari tinggi tanaman sebagai tolak ukur pertumbuhan tanaman yang optimal. Karakter agronomi diantaranya jumlah daun, tinggi tanaman, cabang produktif, jumlah polong, dan produksi kedelai (Krisdiana, 2014). Cabang produktif dengan jumlah banyak dapat menghasilkan jumlah daun, hasil bobot biji yang banyak dipengaruhi dari cabang produktif yang berkontribusi lebih. Semakin banyak cabang produktif semakin tinggi pula hasil polong biji (Wijayati dkk, 2014).

Tanaman kedelai hitam tumbuh maksimal pada tanah yang memiliki aerasi, drainase dan tanah yang dapat menahan air cukup baik. Kedelai tumbuh optimum pada ketinggian kurang dari 600 mdpl, dengan suhu 23 – 30°C dan kelembaban 60 – 70% serta kondisi curah hujan lebih dari 1500 mm/tahun dan curah hujan yang optimal antara 100-200 mm/tahun (BPTP Aceh, 2009). Pemupukan kedelai hitam dilakukan dengan anjuran dosis sekitar 50 kg Urea, 75 kg SP36, dan 100-150 kg KCl per hektar.

Kedelai merupakan tanaman semusim yang berupa semak rendah dan tumbuh tegak. Tanaman semusim adalah tanaman yang berkecambah, tumbuh, berbunga, menghasilkan biji, dan mati hanya dalam setahun atau bahkan kurang sedikit daripada setahun. Tanaman dapat bercabang sedikit atau banyak tergantung kultivar dan lingkungan hidupnya. Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utama yaitu akar, daun, batang, bunga, polong dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal (Adisarwanto, 2005).

2.2 Mutasi

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* baru dan menjadi dasar bagi kalangan pendukung evolusi mengenai munculnya variasi-variasi baru pada spesies (Acquaah, 2007).

Istilah mutasi pertama kali digunakan oleh Hugo de Vries untuk mengemukakan adanya perubahan fenotipe yang mendadak pada bunga *Oenothera lamarckiana* dan bersifat menurun. Ternyata perubahan tersebut terjadi

karena adanya penyimpangan dari kromosomnya. Seth Wright juga melaporkan peristiwa mutasi pada domba jenis Ancon yang berkaki pendek dan bersifat menurun. Penelitian ilmiah tentang mutasi dilakukan pula oleh Morgan (1910) dengan menggunakan *Drosophila melanogaster* (lalat buah). Akhirnya murid Morgan yang bernama Herman Yoseph Muller berhasil dalam percobaannya pada lalat buah, yaitu menemukan mutasi buatan dengan menggunakan sinar X.

Peristiwa terjadinya mutasi disebut mutagenesis. Makhluk hidup yang mengalami mutasi disebut mutan. Mutasi bersifat acak, 90% sesungguhnya bersifat merugikan bagi individu atau populasi suatu spesies. Dikatakan bersifat merugikan karena mutasi menimbulkan perubahan suatu karakter dari keadaan yang biasanya padahal karakter itu sudah beradaptasi selama jutaan tahun terhadap lingkungan. Dengan adanya perubahan, maka makhluk itu harus beradaptasi lagi.

Bahan mutagen yang sering digunakan dalam pemuliaan tanaman yaitu mutagen kimia dan mutagen fisika. Mutagen kimia misalnya seperti *ethyl methane sulphonate* (EMS), *diethyl sulphate* (dES), *methyl methane sulphonate* (MMS), *nitrous acids*, *hydroxylamine*, sedangkan mutagen fisika antara lain radiasi pengion seperti sinar-X, radiasi Gamma, radiasi beta, neutron dan partikel dari aselertor (Harsanti dan Yulidar, 2015).

Mutasi dapat dilakukan pada organ reproduksi tanaman seperti biji, stek batang, serbuk sari, kultur jaringan, akar rhizome dan sebagainya (Hanafiah dkk, 2011). Peluang terjadinya mutasi dan persentasenya tergantung pada umur tanaman, bagian tanaman, fase pertumbuhan, jenis mutagen, lama perlakuan mutagen, dan dosis mutagen (Giono dkk, 2014). Mutasi yang terjadi pada tanaman akan menyebabkan perubahan bentuk, warna serta sifat dalam kondisi fisik tanaman. Mutasi dapat merubah fase pertumbuhan tanaman dan bagian fisik tanaman, tetapi mutasi sering terjadi pada tunas dan biji yang sering mengadakan pembelahan sel.

Pada dasarnya evolusi tanaman terjadi karena mutasi yang terus menerus di alam. Sehingga banyak yang beranggapan bahwa keragaman yang ada sekarang terutama disebabkan oleh mutasi. Mutasi adalah perubahan genetik tunggal atau sejumlah gen atau susunan kromosom. Mutasi dapat terjadi pada setiap bagian dan

pertumbuhan tanaman, namun lebih banyak terjadi pada bagian yang sedang aktif mengadakan pembelahan sel, misalnya tunas, biji, stek batang, serbuk sari, akar *rhizome* (rimpang), kultur jaringan dan sebagainya (Hanafiah dkk, 2011).

Mutasi gen dapat terjadi dua arah, yakni dari dominan (sifat yang sering muncul) ke resesif (sifat yang tidak tampak karena ditutupi oleh sifat dominan) atau sebaliknya. Mutasi gen resesif lebih sering terjadi dibandingkan mutasi gen dominan. Bila gen dominan heterozigot (bentuk genotipe yang terjadi pada individu) mengalami mutasi akan langsung dapat diketahui perubahannya, namun baru dapat dilihat perubahannya pada keturunannya. Pada mutasi kromosom terjadi perubahan benang kromosom yang dapat berakibat berubahnya susunan atau letak beberapa gennya. Perubahan pada kromosom yang dikenal dengan istilah 4P yaitu :

1. Pemindahan (*translocation*), dimana bagian (segmen) kromosom pindah kekromosom pasangannya.
2. Pembiakan (*inversion*), terjadi perubahan letak dua atau lebih gen pada bagian kromosom.
3. Penghapusan (*delection*), bagian kromosom yang berisi beberapa gen hilang.
4. Penggandaan (*duplication*), bagian ujung kromosom yang berisi beberapa gen menjadi ganda.

Tanaman hasil mutasi pada generasi kedua (M_2) biasanya untuk memastikan keragaman genetik melalui segregasi. Karena kelemahan dalam pemuliaan melalui mutasi adalah mutasi terjadi pada genom tanaman yang bersifat random. Sehingga pada generasi (M_2) ini diharapkan munculnya karakter mutan yang ditargetkan. Dalam seleksi pada populasi (M_2) kita difokuskan untuk memilih sebanyak mungkin tanaman yang memiliki karakter unggul dibandingkan dengan tetuanya (BATAN, 2016).

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu menunjukkan keragaman genetik dan umur tanaman lebih genjah terjadi pada generasi (M_2). Umur panen galur-galur mutan kedelai berkisar 69 – 73 hari, lebih genjah dari tetuanya, yaitu varietas Agromulyo dengan umur panen 79 hari (Arwin dan Yuliasti, 2017). Dalfiansyah dkk, (2016) yang melakukan penelitian seleksi mutan generasi (M_2)

pada kedelai Kipas Putih menyatakan bahwa mutan generasi (M_2) tidak berpengaruh pada tinggi tanaman berdasarkan hasil uji F, ini menunjukkan segregasi tidak terjadi pada pertumbuhan tanaman, khususnya tinggi tanaman. Namun, mutan generasi (M_2) sangat berpengaruh pada biji yang dihasilkan. Kandungan protein serta lemak rata-rata mengalami kenaikan dibandingkan dengan kontrol yang ditanam.

Penelitian yang dilakukan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian untuk mengetahui perbaikan produktivitas kedelai melalui pemuliaan mutasi menunjukkan bahwa, kedelai cenderung memiliki umur genjah jika ditanam pada lahan sawah. Selain itu jika produksi rata-rata nasional adalah $1,4 \text{ ton.ha}^{-1}$, maka kedelai mutan yang ditanam di lahan akan meningkat 2 kali lebih besar (BPS, 2011). Pada saat generasi (M_2) sebaiknya dilakukan seleksi menggunakan seleksi pedigree untuk mendapatkan potensi hasil tinggi $> 2,5 \text{ ton.ha}^{-1}$ (Adie dan Krisnawati, 2007).

2.3 Iradiasi

Iradiasi adalah proses pancaran energi berbentuk gelombang cahaya yang dihasilkan dari pindahnya partikel-partikel yang terjadi dalam ruang. Zat radioaktif adalah zat yang dapat memancarkan cahaya gelombang iradiasi. Inti atom yang tidak stabil dihasilkan dari zat radioaktif tersebut sehingga zat radioaktif dapat mengalami proses transformasi spontan yang menjadikan zat tersebut lebih stabil. Proses perubahan transformasi spontan menjadikan proses peluruhan serta iradiasi adalah proses pelepasan partikel, partikel yang mengalami peluruhan berupa sinar gamma, alfa, dan beta. Proses penyinaran menggunakan sinar gamma adalah hasil dari peluruhan inti atom cobalt-60. Mutasi sinar gamma mengakibatkan benang kromosom pecah dan mengakibatkan perubahan struktur kromosom. Kromosom adalah gen yang sangat bertanggung jawab untuk proses pengendalian sifat dari tetua sampai kegenerasi turunan.

Keuntungan menggunakan sinar gamma yaitu dosis yang digunakan lebih akurat dan penetrasi penyinaran ke dalam sel cukup kuat dan bersifat homogen. Dosis sinar gamma pada mutasi kedelai adalah 10 – 20 kRad. Penelitian Purba dkk, (2013) menunjukkan bahwa iradiasi menunjukkan pengaruh nyata terhadap parameter pengamatan persentase perkecambahan, tinggi tanaman 4 MST

(Minggu Setelah Tanam) dan 5 MST (Minggu Setelah Tanam) dan umur panen dosis iradiasi 20 kRad menunjukkan pengaruh negatif. Rekomendasi dosis iradiasi sinar gamma menurut Kusmiyati dkk, (2017) 160 Gy, 320 Gy, dan 640 Gy pada tanaman kedelai varietas Dering 1.

Radiasi dapat menginduksi terjadinya mutasi karena sel yang teradiasi akan dibebani oleh tenaga kinetik yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi atau mengubah reaksi kimia sel tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya perubahan susunan kromosom tanaman. Sinar gamma adalah sebuah radiasi elektromagnetik yang diproduksi oleh radioaktivitas atau proses nuklir atau subatomik lainnya. Sinar gamma diproduksi oleh transisi energi karena percepatan elektron, karena beberapa transisi elektron memungkinkan untuk memiliki energi lebih tinggi dari beberapa transisi nuklir, ada tumpang-tindih antara apa yang kita sebut sinar gamma energi rendah dan sinar-X energi tinggi.

Sinar gamma dapat menekan pertumbuhan akar, batang, dan daun (pertumbuhan vegetatif). Dosis iradiasi yang diberikan untuk mendapatkan individu yang memperlihatkan perubahan sifat (mutan) tergantung pada jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran, kekerasan, dan bahan yang akan dimutasi. Maka penelitian penggunaan radiasi sinar gamma pada beberapa konsentrasi diharapkan mendapatkan jenis varietas unggul yang mempunyai karakter buah lebih baik dari sebelumnya.

Penggunaan iradiasi sinar gamma dengan dosis yang terlalu tinggi dapat memberikan efek negatif langsung pada tanaman, karena dapat menyebabkan tanaman mati. Ini memperlihatkan bahwa semakin tinggi dosis iradiasi sinar gamma maka ketahanan hidup atau pertumbuhan dari tanaman semakin rendah, bahkan pada dosis lebih tinggi menyebabkan tanaman mati. Dosis iradiasi yang digunakan untuk menginduksi keragaman sangat menentukan keberhasilan terbentuknya tanaman mutan. Jika iradiasi dilakukan pada benih, pada umumnya kisaran dosis yang efektif lebih tinggi dibandingkan jika dilakukan pada bagian tanaman lain.