

Pemuliaan Mutasi untuk Perbaikan terhadap Umur dan Produktivitas pada Kedelai

Asadi

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111
Telp. (0251) 8337975; Faks. (0251) 8338820; E-mail: asadiboos@yahoo.com

Diajukan: 30 Juli 2013; Diterima: 20 November 2013

ABSTRACT

Mutation Breeding for Early Maturity and Productivity on Soybean. Asadi. To support the government policy in improving soybean production, it is suggested to plant early maturing (<80 days), drought tolerant and high yielding varieties to be applied in the cropping system of rice-rice-soybean and rice-rice-rice-soybean in lowland, and in dryland cropping system of rice-soybean or rice-other palawija crops. Mutation breeding in soybean for early maturity and high productivity in soybean can be applied to obtain some new varieties. The breeding procedures included selection using bulk method for M_1 population, followed by the pedigree method for M_2 - M_5 generations. Evaluation of uniformity (homozygous) of lines is done on the M_4 generation. Yield and adaption testing are conducted during M_5 - M_8 generations. Through mutation breeding early maturity soybean varieties were released elsewhere. In national research institutes such as The National Nuclear Energy Agency (Batan) Indonesia, soybean mutation breeding activities were begun since 1972, while in Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resources Research and Development (ICABIOGRAD), it was started in 2009. Batan has released two early maturing soybean varieties through seed irradiation such as Tengger in 1991 and Meratus in 1998. While in 2011 ICABIOGRAD through irradiation of calli-derived embryo zygotic has selected 50 early maturing and potentially yielding soybean mutant lines. While through seed irradiation in 2012, 15 soybean advanced lines that matured earlier and demonstrated higher yield were also obtained.

Keywords: Soybean, mutation breeding, early maturity, high productivity.

ABSTRAK

Pemuliaan Mutasi untuk Perbaikan terhadap Umur dan Produktivitas pada Kedelai. Asadi. Untuk mendukung program pemerintah di dalam peningkatan produksi kedelai, sangat diperlukan penggunaan varietas unggul berumur genjah (<80 hari), toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi untuk dikembangkan pada pola tanam padi-padi-kedelai dan padi-padi-padi-kedelai, dan ke lahan kering pada pola tanam padi-kedelai atau padi-palawija lain. Pemuliaan mutasi merupakan salah satu metode untuk perbaikan terhadap umur dan produktivitas, metode ini baik oleh peneliti luar maupun dalam negeri telah dimanfaatkan

untuk perbaikan terhadap umur dan produktivitas pada kedelai. Dalam prosedur pemuliaannya, seleksi menggunakan metode bulk pada populasi M_1 , dan dilanjutkan dengan metode pedigree pada generasi M_2 - M_4 . Evaluasi terhadap keseragaman (homozigot) galur dilakukan pada generasi M_4 . Pada generasi M_5 - M_8 dilakukan uji daya hasil dan adaptasi. Hasil pemuliaan mutasi di luar negeri telah berhasil merakit varietas-varietas unggul kedelai yang berumur genjah. Di Indonesia, yaitu di Badan Tenaga Nuklir Nasional (Batan), kegiatan pemuliaan tanaman dengan teknik mutasi telah dimulai sejak tahun 1972, sementara di BB Biogen baru dimulai sejak tahun 2009. Hingga saat ini Batan telah menghasilkan 2 varietas unggul kedelai berumur genjah, yaitu Tengger (1991) dan Meratus (1998). Di Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen), melalui teknik mutasi kalus pada tahun 2011 telah dihasilkan 50 galur pilihan yang berumur genjah dan berdaya hasil tinggi, sedangkan melalui iradiasi benih pada tahun 2012 telah dihasilkan 15 galur harapan kedelai berumur genjah dan berdaya hasil lebih tinggi.

Kata kunci: Kedelai, pemuliaan mutasi, umur genjah, produktivitas tinggi.

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan komoditas pangan utama setelah padi yang perlu mendapat perhatian. Di samping itu kedelai juga merupakan komoditas kacang-kacangan yang kaya akan protein. Kedelai segar sangat dibutuhkan dalam industri pangan sedangkan bungkil kedelai dibutuhkan untuk industri pakan (Sudaryanto dan Swastika, 2007). Produksi kedelai selama tiga warsa terakhir belum mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri, hal ini menyebabkan impor kedelai setiap tahun terus meningkat. Areal panen kedelai dalam dekade 1990-2000 menurun dengan tajam sampai 4,69%, bahkan lebih tajam lagi pada tahun 2000-2004, yaitu 9,02% per tahun. Walaupun peningkatan produktivitas kedelai sudah mencapai 1,70% per tahun selama periode 1970-2004, namun masih jauh di bawah laju penurunan areal panen.

Selama kurun waktu 5 tahun (2007-2010) peningkatan areal panen dan produksi nasional kedelai sudah cukup signifikan, dalam hal ini jika dibandingkan dengan tahun 2007 pada tahun 2010 luas areal panen kedelai meningkat 44%, sementara produksi nasional

mencapai 661 ribu ton atau naik 53%. Namun demikian peningkatan tersebut masih jauh dari kebutuhan nasional (2,4 juta t/tahun), sehingga pada tahun 2011 masih diperlukan impor sebesar 2,08 juta ton (BPS, 2011; Bisnis Jabar.com, 2012).

Peningkatan produksi kedelai tahun 2005-2009 adalah 7,8% per tahun, sehingga untuk mencapai swasembada kedelai pada tahun 2014, diharapkan pada tahun 2010-2014 peningkatan produksi 20,05% per tahun (Kusbini, 2010). Untuk mendukung program pemerintah di dalam peningkatan produksi kedelai, maka dilakukan perluasan tanam ke lahan sawah pada pola tanam padi-padi-kedelai dan padi-padi-padi-kedelai, dan ke lahan kering pada pola tanam padi-kedelai atau padi-palawija lain. Pada pola lahan tersebut curah hujan sudah rendah sehingga sering terancam cekaman kekeringan, waktu yang tersedia untuk pertanaman kedelai relatif singkat yakni <80 hari, sehingga sangat diperlukan penggunaan varietas unggul berumur genjah (≤ 75 hari), toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi. Sampai saat ini varietas unggul kedelai yang memiliki sifat-sifat tersebut jumlahnya masih terbatas, oleh sebab itu program pemuliaan untuk perbaikan varietas kedelai umur genjah, toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi masih perlu dilakukan (Asadi *et al.*, 2012).

Perakitan varietas unggul kedelai merupakan kegiatan yang dinamis dan sinambung, hal ini tercermin dari berkembangnya selera konsumen. Prosedur pemuliaan dimulai dari peningkatan keragaman tanaman melalui berbagai cara seperti persilangan, transformasi gen, dan mutasi, setelah itu dilanjutkan dengan seleksi yang menggunakan berbagai metode (seperti metode bulk, pedigree, SSD), uji daya hasil, dan uji multi lokasi (Carsono, 2008; Asadi *et al.*, 2004).

Pendayagunaan sumber daya genetik melalui program pemuliaan untuk mendapatkan varietas kedelai berumur genjah dan produktivitas hasil tinggi, dilakukan dengan berbagai pendekatan, seperti peningkatan keragaman genetik tanaman melalui persilangan, variasi somaklonal, dan teknik mutasi (Acquaah, 2007; Fehr, 1987).

PROSPEK PENGEMBANGAN KEDELAJ UMUR GENJAH KE LAHAN SAWAH

Luas lahan sawah di Indonesia dalam kurun waktu 6 tahun (2004-2009) adalah 7,84-8,06 juta hektar. Pada tahun 2009 luas lahan sawah berkisar dari 9.249 ha (Papua) hingga 1,10 juta hektar (Jawa Timur). Dari 33 provinsi di Indonesia delapan provinsi di antaranya memiliki areal sawah atau panen padi yang paling luas (Tabel 1) (BPS, 2011). Provinsi tersebut dulunya merupakan sentra produksi kedelai di mana areal pertanaman dan panen kedelai yang dilakukan cukup luas pada tahun 1990-1999, namun setelah tahun 2000 terjadi penyusutan areal tanam dan panen yang cukup tajam. Diperkirakan perluasan tanam kedelai pada areal sawah setelah panen padi terutama di delapan provinsi tersebut memiliki peluang yang cukup besar. Dengan total areal padi sawah 4.839.529 ha pada tahun 2010 (Tabel 1) dan total luas panen kedelai pada tahun yang sama adalah 480.304 ha (termasuk lahan kering), apabila hanya 15% saja areal sawah tersebut ditanami kedelai umur genjah dengan pola tanam padi-kedelai, padi-padi-kedelai, dan padi-padi-padi-kedelai, maka akan meningkatkan areal tanam kedelai seluas 725.929 ha. Jika rata-rata produktivitas kedelai nasional adalah 1,4 t/ha maka sumbangan produksi dari delapan provinsi tersebut adalah 1,016 juta ton kedelai, suatu angka yang sangat besar (hampir 2 kali produksi nasional tahun 2010) untuk meningkatkan produksi kedelai nasional. Selain itu, produktivitas kedelai masih dapat ditingkatkan dengan cara menanam varietas unggul kedelai berumur genjah dengan produktivitas tinggi (> 2 t/ha), sehingga target swasembada kedelai pada tahun 2014 kemungkinan dapat dicapai.

PEMULIAAN KEDELAJ MELALUI INDUKSI MUTASI

Mutasi adalah perubahan yang terjadi secara tiba-tiba dan acak pada materi genetik (genom, kromosom, gen). Induksi mutasi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan keragaman tanaman. Mutagen atau alat mutasi artifisial dibedakan atas dua

Tabel 1. Luas areal sawah, luas panen padi dan kedelai pada 8 propinsi di Indonesia.

Provinsi	Luas areal sawah tahun 2009 (ha)	Luas panen kedelai tahun 2010 (ha)	Produktivitas rata-rata (t/ha)
Aceh	359.751	37.469	1,41
Sumatera Utara	464.256	7.803	1,21
Sumatera Selatan	611.072	7.532	1,50
Lampung	349.144	6.195	1,18
Jawa Barat	937.426	36.700	1,52
Jawa Tengah	960.768	114.070	1,65
Jawa Timur	1.100.517	246.894	1,37
Sulawesi Selatan	56.595	23.641	1,51
Total	4.839.529	480.304	

Sumber: BPS (2011).

kelompok, yaitu mutagen fisik dan mutagen kimia. Mutagen fisik adalah radiasi ion yang meliputi sinar X, sinar gama, neutron, partikel beta, partikel alfa, dan proton. Sinar gama sangat luas digunakan dalam pemuliaan tanaman (Lestari, 2012). Radiasi ion mengakibatkan mutasi, yakni merombak/memecah rantai kimia pada molekul DNA, delesi ikatan nukleotida, atau terjadinya substitusi ikatan nukleotida. Sinar gama merupakan radiasi elektromagnetik yang diproduksi oleh radio isotop dan rektor nuklir, contohnya Co^{60} dan Ce^{137} . Mutagen kimia pada umumnya berasal dari senyawa kimia yang memiliki gugus alkil seperti etil metan sulfonat (EMS), dietil sulfat (DES), metil metan sulfonat (MMS), hidroksil amina, dan *nitrous acid*. Mutasi secara kimia dapat diaplikasikan tanpa membutuhkan peralatan yang lengkap, namun keberhasilannya lebih rendah dibandingkan dengan mutasi secara fisika (Acquaah, 2007; Soeranto, 2003).

Berdasarkan tipe struktur perubahannya, mutasi diklasifikasikan atas: (1) mutasi genomik yang menyebabkan perubahan jumlah kromosom (poliploid, haploid, aneuploid), (2) mutasi kromosom, yaitu terjadinya perubahan struktur kromosom (defisiensi, inversi, duplikasi, dan translokasi kromosom), (3) mutasi gen, yaitu perubahan pada urutan basa nukleotida karena terjadi delesi atau substitusi, dan (4) mutasi diluar inti sel, yaitu yang terjadi pada *cytoplasmic genome*. (Acquaah, 2007). Pada Gambar 1 merupakan peristiwa mutasi yang mengakibatkan terjadinya pertukaran rantai basa DNA sehingga akan menimbulkan perubahan terhadap sifat fenotipik ataupun genotipik (Chahal dan Gosal, 2006).

Peran utama teknologi nuklir dalam pemuliaan tanaman terkait dengan kemampuannya untuk menginduksi mutasi pada materi genetik. Kemampuan tersebut dimungkinkan karena nuklir memiliki energi cukup tinggi untuk dapat menimbulkan perubahan pada struktur atau komposisi materi genetik tanaman. Perubahan tersebut terjadi secara mendadak, acak, dan diwariskan pada generasi berikutnya. Pada tingkat tertentu, mutasi dapat menimbulkan ragam genetik yang berguna dalam pemuliaan tanaman, tetapi perubahan genetik itu bukanlah disebabkan perubahan rekombinasi. Pemuliaan mutasi dapat digunakan

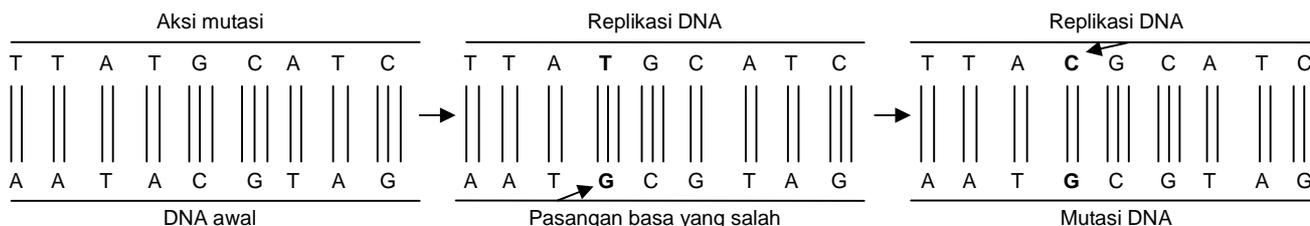
untuk mendapatkan varietas unggul dengan perbaikan beberapa sifat saja tanpa merubah sebagian besar sifat baiknya (Soeranto, 2003).

Bahan genetik yang akan diiradiasi umumnya adalah benih (biji) maka kisaran dosis yang efektif lebih tinggi dibandingkan jika dilakukan pada bagian tanaman lainnya. Semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H_2O) dalam materi yang diiradiasi, maka akan semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk sehingga tanaman menjadi lebih peka. Radiosensitivitas dapat diukur berdasarkan nilai *lethal dose* 50 (LD_{50}), yaitu tingkat dosis yang menyebabkan kematian 50% dari populasi tanaman yang diiradiasi. Dosis optimum dalam induksi mutasi yang menimbulkan keragaman dan menghasilkan mutan terbanyak biasanya terjadi di sekitar LD_{50} . Selain LD_{50} , radiosensitivitas juga dapat diamati dari adanya hambatan pertumbuhan atau kematian (letalitas), mutasi somatik, patahan kromosom, serta jumlah, dan ukuran kromosom (Herison, 2008). Pada pemuliaan mutasi, tanaman mutan hasil iradiasi, selain dilihat LD_{50} nya pada generasi M_1 , tanaman mutan juga dapat diidentifikasi pada tingkat DNA dengan menggunakan marka molekuler seperti SSR, baik pada populasi M_1 ataupun pada generasi berikutnya (Asadi, 2011).

Sinar gama memproduksi energi, hal ini dapat menyebabkan kerusakan molekul melalui reaksi spontan di mana energi radiasi diserap oleh molekul DNA. Pada reaksi tidak langsung energy tidak diserap (diabsorpsi) oleh DNA, tapi oleh molekul lain dalam sel yang memproduksi radikal bebas sehingga mengakibatkan perubahan molekul DNA sebagaimana Gambar 1.

Kelemahan dari pemuliaan mutasi adalah mutasi bersifat random. Beberapa hal yang menentukan keberhasilan mutasi, yaitu karakter atau sifat yang ingin diperbaiki harus sudah ditetapkan terlebih dahulu, jelas, metode *screening*/seleksi harus tepat kondisi materi yang akan dimutasikan, seperti kandungan air, oksigen, daya kecambah (benih) harus diketahui sebelum menginduksi mutasi, dan (d) dosis dan waktu aplikasi mutagen yang tepat (Acquaah, 2007).

Keragaman genetik sebagai akibat dari mutasi dapat diidentifikasi secara morfologi, agronomi, dan



Gambar 1. Pertukaran rantai basa DNA akibat induksi mutasi (Chahal dan Gosal, 2006). Pertukaran basa *thymine* (T) memberikan tempat kepada pasangan yang salah dengan basa *guanine* (G) (tengah). Mutan yang membawa kode genetik baru (kanan).

molekuler (Mudibu *et al.*, 2012; Ramani *et al.*, 1991). Marka molekuler *Random Amplification of Polymorphic DNA* RAPD dapat membedakan galur mutan dengan varietas asalnya, sebagaimana dilaporkan oleh Taryono *et al.* (2011) marka RAPD A13 dapat membedakan mutan gandum B-100 dan ZH-30 dengan varietas asalnya Durra dan Zhengzu. Penggunaan marga RAPD untuk melihat keragaman genetik antar galur mutan (M₇) kedelai dibandingkan dengan varietas asal yang tidak diiradiasi juga sudah diaplikasikan oleh Younessi *et al.* (2011) sebagaimana disajikan Gambar 2.

Efektifitas perbaikan genetik untuk sifat-sifat yang diinginkan seperti safai agronomis, fisiologi dalam program pemuliaan mutasi ditentukan oleh dosis iradiasi dan tingkat radio sensitivitas tanaman yang diiradiasi dan kondisi tanaman saat diiradiasi. Untuk meningkatkan keragaman genetik pada kedelai, dosis 200 Gy yang diaplikasikan pada biji merupakan dosis anjuran (Mudibu *et al.*, 2012). Hasil penelitian Mudibu *et al.* (2012) menunjukkan tingkat lokus yang polimorfis meningkat secara signifikan pada mutan kedelai yang diberi 200 Gy iradiasi sinar gama dibandingkan dengan yang tidak di iradiasi (kontrol). Hal yang sama juga dilaporkan oleh Hanafiah *et al.* (2010) bahwa pada varietas Argomulyo, keragaman yang tinggi pada generasi M₂ kedelai diperoleh pada iradiasi dengan dosis 200 Gy.

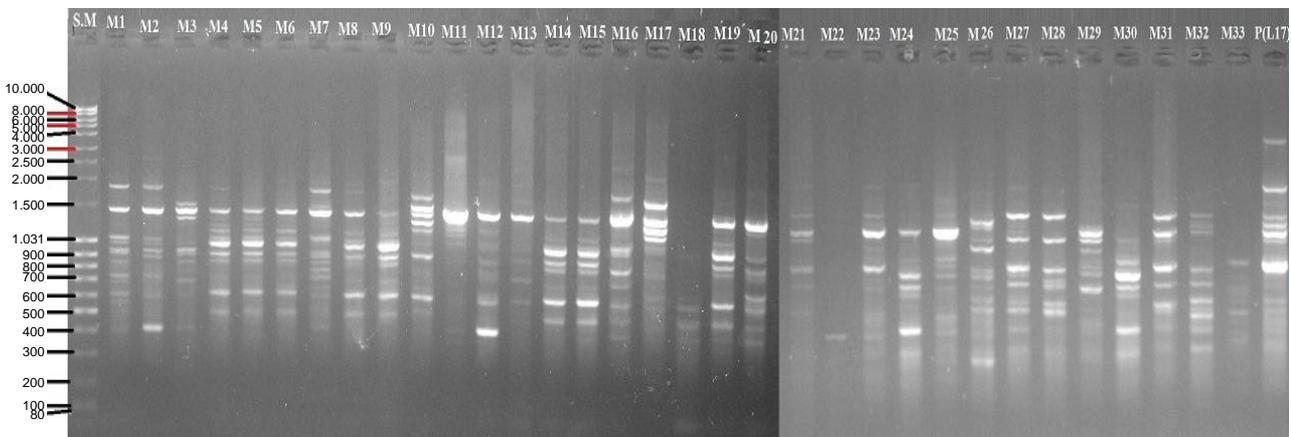
Rendahnya keragaman karakter umur, agronomis, dan produktivitas di dalam koleksi plasma nutfah kedelai, serta rendahnya keragaman genetik yang ditimbulkan melalui persilangan menyebabkan pada pemuliaan konvensional, pemuliaan mutasi menjadi salah satu alternatif untuk perbaikan varietas kedelai terhadap umur dan produktivitas (Younessi *at al.*, 2011). Untuk memperoleh keragaman melalui penggunaan teknik mutasi dalam pemuliaan cukup besar.

Peluang keberhasilan serta waktu yang diperlukan relatif lebih cepat. Induksi mutasi melalui iradiasi biji menyebabkan mutasi fisik, iradiasi mampu menembus biji tanaman sampai ke lapisan kromosom. Struktur dan jumlah pasangan kromosom pada biji tanaman dapat dipengaruhi oleh sinar iradiasi ini. Perubahan struktur akibat iradiasi dapat berakibat pada perubahan sifat tanaman dan keturunannya. Fenomena ini digunakan untuk memperbaiki sifat tanaman dengan keunggulan tertentu, misalnya tahan hama, tahan kering, dan umur genjah (Batan, 2007). Sampai saat ini dengan memanfaatkan teknik iradiasi di Batan telah dihasilkan enam varietas kedelai unggul yang berdaya hasil tinggi dengan sifat-sifat unggul lainnya.

METODE SELEKSI GALUR KEDELAJ UNTUK UMUR GENJAH MELALUI PEMULIAAN MUTASI

Metode seleksi pada pemuliaan mutasi yang lazim digunakan adalah menggunakan metode bulk yang diikuti oleh pedigree. Galur homozigot umumnya sudah dapat diperoleh pada generasi M₅. Pada Tabel 2 disajikan skema pemuliaan mutasi pada tanaman menyerbuk sendiri (Chahal dan Gosal, 2006).

Pada Tabel 2 seleksi bulk hanya dilakukan pada generasi M₁, selanjutnya pada generasi M₂-M₃ diteruskan dengan seleksi pedigree, yaitu dengan cara memilih baris terbaik yang diikuti dengan memilih tanaman terbaik dari setiap baris terbaik. Pada generasi M₄ tanaman sudah mulai homozigot, galur-galur homozigot yang berumur genjah pada generasi M₅-M₆ dievaluasi daya hasilnya di beberapa lokasi, skitar 10-15 galur terbaik pada generasi M₇-M₈ diuji daya hasil dan adaptasinya di berbagai lokasi (8-10 lokasi). Galur harapan terbaik (1-2 galur) berumur genjah dan berdaya hasil tinggi serta memiliki adaptasi yang luas dipersiapkan untuk dilepas sebagai varietas unggul kedelai berumur genjah dan berdaya hasil tinggi.



Gambar 2. Pola pita RAPD generasi M₇ galur mutan (M₁-M₃₃) dan kultivar tetua (L17) menggunakan primer OPA-09. L17 memiliki 1 pita (4.000 bp) yang tidak dimiliki oleh mutannya (Younessi *et al.*, 2011).

PENELITIAN PEMULIAAN MUTASI IRADIASI UNTUK UMUR GENJAH DAN PRODUKTIVITAS TINGGI PADA KEDELAI

Berbagai hasil penelitian pemuliaan mutasi pada kedelai diluar negeri telah dilaporkan oleh Tulmann dan Alves (1997). Hal yang sama juga telah dilakukan terhadap perbaikan umur gandum (Neto *et al.*, 1977; Philipovsky *et al.*, 1984). Di India, melalui pemuliaan mutasi, telah dilepas sebanyak 72 varietas baru kacang-kacangan, tujuh di antaranya adalah varietas unggul mutan kedelai. Cina juga telah berhasil menggunakan teknik mutasi dalam pemuliaan kedelai untuk sifat hasil tinggi, kualitas biji baik, tahan hama, penyakit, toleran kekeringan dan salinitas. Varietas mutan unggul Henong dan Tiefeng yang dilepas telah berhasil dikembangkan dengan luasan lebih dari 400 ha (Kharkwal dan Shu, 2009). Iradiasi sinar gama dan mutasi kimia dengan larutan EMS dapat memperbaiki umur kedelai varietas Pusa-16 dan PK-1042 menjadi lebih genjah (Mudasir dan Tyogi, 2010). Melalui iradiasi sinar gama pada benih 10 populasi (F_5 dan kultivar) kedelai, sejumlah galur M_3 dan M_4 memiliki umur 15-20 hari lebih genjah dibandingkan dengan pembandingnya (M_0) (Wang *et al.*, 2001).

Seoritae adalah varietas kedelai hitam sangat terkenal di Korea. Kedelai hitam digunakan sebagai campuran untuk memasak beras. Namun, varietas Seoritae tersebut memiliki beberapa sifat-sifat buruk seperti umur berbunga dan masak yang lambat. Untuk memperbaiki sifat-sifat buruk tersebut benih varietas

Seoritae diiradiasi menggunakan sinar gama 250 Gy pada tahun 1994. Setelah melalui berbagai tahapan seleksi pada tahun 2005 telah berhasil dilepas varietas unggul kedelai baru yang diberi nama Josaengseori. Varietas ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan varietas asalnya, yaitu seperti ukuran butiran yang lebih kecil, umur berbunga 57 hari (10 hari lebih genjah dibandingkan dengan varietas Seoritae), umur masak 130 hari (34 hari lebih genjah dari umur Seoritae), dan memberikan hasil biji 2,4 kali lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Seoritae (Song *et al.*, 2010).

Sebanyak 41 varietas kedelai baru diperoleh melalui seleksi mutan yang berasal dari mutagen kimia dan mutagen fisik. Sembilan belas dari varietas tersebut di antaranya masak lebih awal 3-30 hari dibandingkan dengan genotipe asal (Maluszynski *et al.* (1991). Hasil penelitian di Brazil seperti dilaporkan oleh Neto and Alves (1997) bahwa dari seleksi 15.000 galur M_3 kedelai hasil iradiasi benih varietas Parana dengan sinar gama pada dosis 22 krad diperoleh 2 galur M_4 yang memiliki umur 10 hari lebih genjah dibandingkan dengan varietas cek Parana. Mutan tersebut memiliki hasil lebih tinggi yang didukung oleh karakter agronomis seperti jumlah polong lebih banyak dan penampilan biji lebih baik.

Kegiatan pemuliaan tanaman melalui teknik mutasi di Badan Tenaga Nuklir Nasional (Batan), dimulai sejak tahun 1972 dan sampai saat ini telah menghasilkan enam varietas kedelai unggul hasil iradiasi (Tabel 3).

Tabel 2. Skema dan metode seleksi pada pemuliaan mutasi tanaman (kedelai) (Chahal dan Gosal, 2006).

Tahun	Generasi	Kegiatan
Tahun I		Iradiasi benih, kalus dengan dosis anjuran, aklimatisasi
Tahun II	M_1	Tanam benih M_1
Tahun II MT I	M_2	Pilih tanaman yang termutasi, tanaman yang kimera dibuang Tanam benih M_2 setiap tanaman (galur) perbaris Pilih baris terbaik sesuai sifat yang diinginkan (umur genjah, penampilan agronomi baik) Pilih tanaman terbaik dari baris terpilih
Tahun II MT II	M_3	Tanam benih setiap tanaman (galur) M_3 per baris Pilih baris mutan terbaik yang sudah homogen Pilih tanaman terbaik dari baris terpilih yang belum homogen
Tahun III MT I	M_4	Evaluasi galur M_4 (setiap galur/petak) Galur yang masih bersegregasi tidak dipilih
Tahun III MT II-Tahun IV	M_5 - M_8	Evaluasi daya hasil dan uji adaptasi galur mutan harapan
Tahun V	M_9	Perbanyak benih dan pelepasan varietas

Tabel 3. Varietas unggul kedelai mutan asal iradiasi di Batan.

Varietas	Asal-usul	Tahun pelepasan	Umur (hari)	Hasil biji (t/ha)
Muria	Iradiasi varietas Orba (Davros/Shakti)	1987	83-88	1,8
Tengger	Iradiasi varietas Orba (Davros/Shakti)	1991	73-79	1,0-1,7
Meratus	Iradiasi galur 157/PsJ	1998	73-77	±1,4
Rajabasa	Galur mutan N0214x23D yang berasal dari iradiasi varietas Guntur (TK 5/Genjah Slawi) dengan sinar gama 0,15 kGy	2004	82-85	2,05-3,9
Mitani	Iradiasi F_1 (No 13 D/mutan Guntur)	2008	82-90	2,2
Mutiara1	Iradiasi sinar gama 150 Gy pada varietas Muria	2010	±82	2,4-4,1

Sumber: Wahyudi *et al.* (2012).

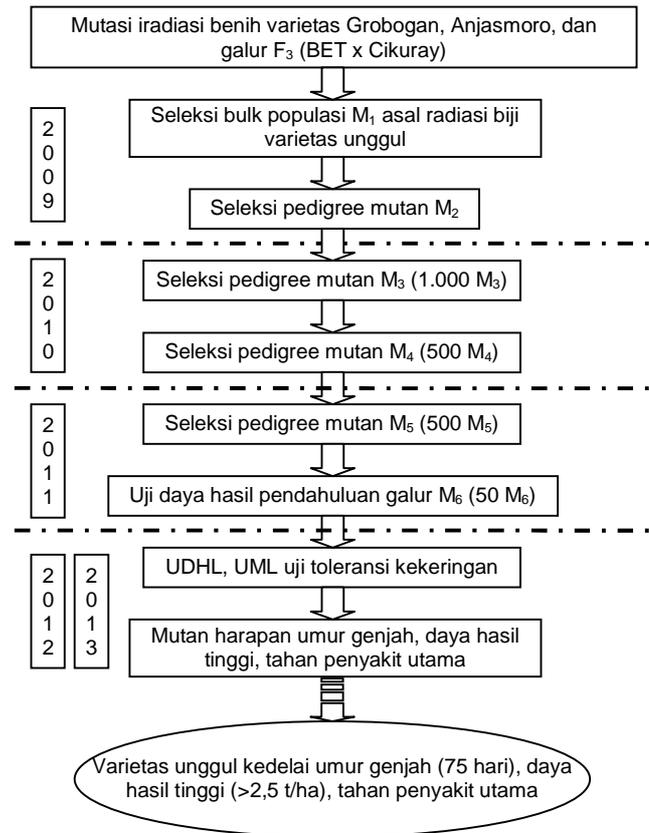
Di antara ke-6 varietas unggul kedelai asal pemuliaan mutasi tersebut baru dua varietas, yaitu Tengger dan Meratus yang umurnya tergolong genjah (<80 hari). Kedua varietas ini dilepas pada tahun 1991 dan 1998, namun penyebarannya tidak luas. Oleh sebab itu untuk masa datang perbaikan varietas kedelai untuk umur genjah dengan produktivitas tinggi melalui pemuliaan mutasi masih terus diperlukan.

Penelitian pemuliaan mutasi kedelai untuk umur genjah dan toleran kekeringan di BB Biogen telah dimulai sejak tahun 2009 (Asadi, 2009). Ada dua metode pemuliaan mutasi yang digunakan, yaitu mutasi menggunakan mutagen fisik dengan cara mengiradiasi benih dan mutagen kimia. Induksi mutasi dengan iradiasi pada kalus embrio zigotik menggunakan dosis lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan biji. Iradiasi kalus embrio zigotik menggunakan dosis 400 rad, sementara jika menggunakan biji dosis anjuran lebih tinggi, yaitu 25 krad atau 2500 rad (Asadi *et al.*, 2009).

Prosedur produksi benih M₁ dan seleksi galur mutan kedelai melalui induksi mutasi kalus embrionik dimulai dari induksi mutasi melalui iradiasi dan mutagen kimia pada kalus embrionik, regenerasi tunas, aklimatisasi dan produksi benih M₁. Proses seleksi setelah generasi M₁ sama dengan seleksi pada populasi yang berasal dari induksi mutasi melalui iradiasi biji (Tabel 1).

Penelitian pemuliaan kedelai melalui teknik mutasi pada eksplan kalus embrionik di BB Biogen menggunakan mutagen fisik (iradiasi) dan mutagen kimia (EMS) dilakukan pada varietas Wilis, Baluran, Burangrang, dan Grobogan. Hasil induksi mutasi kalus embrionik keempat varietas kedelai tersebut telah menghasilkan 1.500 galur M₂. Melalui seleksi bulk dan pedigree telah berhasil pula diperoleh 230 galur M₄. Galur M₄ tersebut setelah diseleksi dan diuji daya hasilnya di dua lokasi di Jawa Barat, telah diperoleh 50 galur M₅ yang sudah homozigot dengan umur lebih genjah dibandingkan dengan varietas pembandingan dan berdaya hasil lebih tinggi (Mariska *et al.*, 2011).

Pemuliaan mutasi melalui iradiasi benih untuk perbaikan terhadap umur dan produktivitas kedelai juga telah dilakukan sejak tahun 2009, pada tahun 2012 telah diperoleh 15 galur harapan M₆ umur genjah (lebih genjah dari varietas cek) dan produktivitas tinggi (Asadi *et al.*, 2012). Tahapan penelitian hingga diperolehnya galur harapan kedelai berumur genjah dan produktivitas tinggi dapat dilihat pada Gambar 2 (Asadi *et al.*, 2009). Pada tahun 2012 sebanyak 30 galur M₆ telah dilakukan uji daya hasilnya di lahan sawah tadah hujan setelah panen padi (Kabupaten Maros dan Pangkep) dan di lahan kering (Kabupaten



Gambar 2. Alur penelitian pemuliaan mutasi untuk perbaikan terhadap umur genjah, toleran kekeringan, dan produktivitas pada kedelai (Asadi, 2009).

Gowa) di Provinsi Sulawesi Selatan. Hasil penelitian uji daya hasil lanjutan di 3 kabupaten tersebut diperoleh 15 galur kedelai mutan terbaik (umur genjah dan daya hasil tinggi). Galur-galur pilihan tersebut merupakan galur/mutan harapan yang siap untuk diuji di berbagai lokasi (uji multilokasi) pada tahun 2013 (Asadi *et al.*, 2012).

KESIMPULAN

Prospek perluasan kedelai berumur genjah (<80 hari) dengan produktivitas tinggi dan toleran kekeringan ke lahan sawah pada pola tanam padi-padi-kedelai, lahan sawah tadah hujan pada pola tanam padi-kedelai cukup besar. Pembentukan galur/varietas kedelai berumur genjah dengan cara meningkatkan keragaman tanaman, dapat dilakukan melalui pemuliaan menggunakan teknik mutasi. Mutagen fisik (sinar gama) dan mutagen kimia (EMS, DES, MMS, hidroksil amina, *nitrous acid*) mengakibatkan mutasi pada tanaman, yakni merombak/memecah rantai kimia pada molekul DNA, delesi ikatan nukleotida, atau terjadinya substitusi ikatan nukleotida. Hasil pemuliaan mutasi di Cina, India, dan Korea telah meng-

hasilkan sejumlah varietas unggul kedelai berumur genjah dari varietas asalnya. Pemuliaan mutasi di Batan, telah menghasilkan varietas unggul kedelai berumur genjah dan berdaya hasil tinggi, yaitu varietas Tengger pada tahun 1991 dan varietas Meratus pada tahun 1998. Di BB Biogen, penelitian pemuliaan mutasi kedelai untuk umur genjah dan produktivitas tinggi telah dilakukan sejak tahun 2009, pada tahun 2011 telah dihasilkan galur mutan kedelai berumur genjah dan berdaya hasil tinggi, yaitu 50 galur mutan M₆ (asal mutasi kalus embriogenik), dan tahun 2012 15 galur harapan M₉ (asal iradiasi benih).

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. 2007. Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing. USA, UK, Australia. 569 p.
- Asadi, Soemartono, M. Woerjono, dan J. Harjosudarmo. 2004. Keefektifan metode seleksi modifikasi bulk dan pedigree untuk karakter agronomi, ketahanan terhadap virus kerdil (SSV) galur-galur F₇ kedelai. Zuriat 5(1):64-76.
- Asadi. 2009. Identifikasi dan seleksi mutan padi umur genjah (90 hari) dan produktivitas lebih tinggi dari 7 t/ha serta mutan kedelai untuk umur genjah (75 hari), produktivitas lebih dari 2,5 t/ha, berbiji besar (15 g/100 biji), dan toleran kekerangan. Proposal SINTA. Kluster Penelitian Sumber Genetik Pertanian. Balai besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor. 19 hlm.
- Asadi, T. Suhartini, S.A. Rais, dan N. Dewi 2009. Identifikasi dan seleksi mutan padi umur genjah (90 hari) dan produktivitas lebih tinggi dari 7 t/ha serta mutan kedelai untuk umur genjah (75 hari), produktivitas lebih dari 2,5 t/ha, berbiji besar (15 g/100 biji), dan toleran kekeringan. Laporan Hasil Penelitian BB Biogen, Bogor. 18 hlm.
- Asadi. 2011. Peran sumberdaya genetik pertanian bagi pemuliaan mutasi. hlm. 242-257. *Dalam* Mugiono, D. Sopandi, S. Hudyono, N. Kuswandi, Z. Irawati, P. Sidauruk, H. Winarno, Sobrizal, dan R. Chosdu (eds.) Prosiding Simposium dan Pameran Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi. Batan, Jakarta.
- Asadi, N. Dewi, T. Suhartini, S. Gayatri, T. Zulchi, dan A. Fattah. 2012. Daya hasil galur-galur harapan mutan kedelai berumur genjah di lahan sawah tadah hujan dan lahan kering Sulawesi Selatan. Disampaikan pada Seminar Nasional PERIPI tanggal 6-7 Nopember 2012. 18 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2011. Statistik Indonesia. *Statistical Yearbook of Indonesia*. Badan Pusat statistik, Jakarta. 636 hlm.
- Bisnis Jabar.com. 2012. Bisnis Indonesia. Impor kedelai Indonesia pada 2011 naik dua kali lipat. <http://www.bisnis-jabar.com/index.php/berita/category/bisnis>. [29 Maret 2013].
- Carsono, N. 2008. Peran pemuliaan tanaman dalam meningkatkan produksi pertanian di Indonesia. *Seminar on Agricultural Sciences*. Januari 2008. http://pustaka.unpad.ac.id/wpcontent/uploads/2009/08/peran_pemuliaan_tanaman.pdf [26 Februari 2014].
- Chahal, G.S. and S.S. Gosal. 2006. Mutation Breeding. In Principles and Procedure of plant breeding. Biotechnology and Conventional Approaches. Alpha Science International; Ltd. 604 p.
- Fehr, W.R. 1987. Principles of cultivar development. Vol. 1. Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. A Division of Macmillan, Inc. New York. 536 p.
- Hanafiah, D.S., Trikoesoemaningtyas, S. Yahya, and D. Wirnas. 2010. Induced mutations by gamma ray irradiation to Argomulyo soybean. *Argomulyo (Glycine max)*. Nusantara Bioscience 2:121-125.
- Herison, C., Rustikawati, H. Sujono, Sutjahyo, dan S.I. Aisyah. 2008. Induksi mutasi melalui iradiasi sinar gama terhadap benih untuk meningkatkan keragaman populasi dasar jagung (*Zea mays* L.). *J. Akta Agrosia* 11(1):57-62.
- Kharkwal, M.C. and Q.Y. Shu. 2009. p. 33-38. *In* The Role of Induced Mutations in World Food Security. Q.Y. Shu (ed.) Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Kusbini, B.A. 2010. Dewan Kedelai dukung swasembada kedelai tahun 2014. Simposium Jagung dan Kedelai 29 Juli 2009, Menara Kadin Indonesia. <http://www.slideshare.net/biop2000z/presentasi-dewan-kedelai-nasional-dekenas-kadin>. [3 Januari 2012].
- Lestari, E.G. 2012. Combination of somaclonal variation and mutagenesis for crop improvement. *J. AgroBiogen* 8(1):38-44.
- Maluszynski, M., B. Sigurbjornsson, E. Amano, L. Sitch, and O. Kamra. 1991. Mutant varieties-Data Bank. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. *Mutation Breeding Newsletter* 38:16-49.
- Mariska, I., R. Purwaningsih, E.G. Lestari, S. Hutami, Asadi, T. Santoso, A. Sisharmini, A. Apriana, B.A. Husin, M. Herman, R. Yunita, S. Rahayu, dan A. Husni. 2011. Pembentukan 300 galur mutan M₃ dan M₄ tanaman kedelai varietas Baluran, Grobogan, Wilis dan Burangrang serta 5 galur putative generasi T₁ dan 30 transforman kedelai putative generasi T₀ untuk karakter umur genjah dari varietas Tidar, Wilis atau Anjasmoro. Laporan Akhir Penelitian. Kementerian Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor
- Mudasir, H.H. and S.D. Tyogi. 2010. Induced morphological mutant in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Frontier of agriculture in Cina*. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11703-009-0086-y?LI=true>. [16 Januari 2013].
- Mudibu, J., K.K.C. Nkongolo, A. Kalonji-Mbuyi, and V.K. Roger. 2012. Effect of gamma irradiation on morpho-

- agronomic characteristics of soybean soybean (*Glycine max* L.). *Am. J. Plant Sci.* 3:331-337.
- Neto, A.T. and M.C. Alves. 1997. Introduction of mutations for earliness in the soybean cultivar Parana. *Brazilian J. Genetics.* 20(1):45-50.
- Neto, A.T., A. Ando, A.A. Veiga, C.E.O. Camargo, J. Felicio, and S.B.C. Barros. 1977. Wheat mutants in Brazil. *Mutation Breeding Newsletter* 10:4-5.
- Parmanto, E.M. dan E. Efendi. 2009. Deskripsi varietas unggul hasil pemuliaan mutasi. Padi, Kedelai, Kacang Hijau, Kapas. Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.
- Philipovski, J.F., A.T. Neto, A. Ando, and J.O.M. Menten. 1984. Induced mutation aiming to obtain earliness in the Trifton wheat (*Triticum aestivum* L.) variety. Induced Mutation for Crop Improvement in Latin America. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. TECDOC 305. p. 269-284.
- Ramani, G.M. and B.S. Jadon, 1991. Induced variability in groundnut in M₂ generation. *Gujarat Agricultural University Research J.* 16(2):23-26.
- Soeranto, H. 2003. Peran iptek nuklir dalam pemuliaan untuk mendukung industri pertanian. hlm. 308-316. *Dalam* K. Abraham, Y. Arrianto, D.W. Nurhayati, Sujatmoko, R. Sukarsono, T.T. Basuki, A. Takazani, IGN J. Sarjono, T. Marjiatmono, Syarif, Sudianto, Samin, T. Tjiptono, dan D. Sujiko (eds.) *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir* 8 Juli 2003. P3TM Batan. Yogyakarta.
- Sudaryanto, T. dan D.K.S. Swastika. 2007. Ekonomi kedelai di Indonesia. hlm. 21-27. *Dalam* Sumarno, Suyamto, A. Widjono, Hermanto, dan H. Kasim (eds.) *Kedelai*. Badan Litbang Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Song, H.S., J.B. Kim, K.J. Lee, D.S. Kim, S.H. Kim, S.J. Lee, and S.Y. Kang. 2010. A new improved soybean variety, 'Josaengseori' by mutation breeding. *Korean J. Breeding Science* 42(3):222-225.
- Taryono, C. Paramita, and H. Soeranto. 2011. The detection of mutational changes in sorghum using RAPD. *Indonesian J. Biotechnology* 16(1):66-70.
- Wahyudi, R. Agus, dan M. Shiddiq. 2012. Deskripsi varietas unggul hasil pemuliaan mutasi. Padi, Kedelai, Kacang Hijau, Kapas. Pusat Desiminasi Iptek Nuklir. Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta. 28 hlm.
- Wang, L.Z., W. Lan, Z. Rong-juan, P. Yan-long, F. Yu-qing, Y. Qing-shang, and L. Qiang. 2001. Irradiation mutation techniques combined with biotechnology for soybean breeding. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica* 15(5):274-281.
- Younessi, M.H., A. Izadi-Darbandi¹, N. Pirvali-Beiranvand, M. Taher-Hallajian, and A. Majdabadi. 2011. Phenotypic and molecular analysis of M₇ generation of soybean mutant lines through random amplified polymorphic DNA (RAPD) marker and some morphological traits. *African J. Agricultural Research* 6(7):1779-1785.
-