
**PEMULIAAN MUTASI DALAM PENINGKATAN MANFAAT GALUR-
GALUR TERSELEKSI ASAL PERSILANGAN ANTAR SUB-SPEKIES
PADI**

Sobrizal

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi – BATAN, Jakarta

ABSTRAK

**PEMULIAAN MUTASI DALAM PENINGKATAN MANFAAT GALUR-
GALUR TERSELEKSI ASAL PERSILANGAN ANTAR SUB-SPEKIES PADI.** Sempitnya keragaman genetik dari varietas-varietas padi yang sudah dilepas memberi kontribusi besar terhadap terjadinya pelandaian peningkatan potensi hasil padi pada beberapa dekade terakhir. Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan galur-galur pemuliaan (*breeding lines*) yang mempunyai keragaman genetik luas melalui persilangan antar sub-spesies Indika dengan Japonika. Dari 100.000 tanaman F₅ hasil persilangan varietas IR36 (sub-sp. Indika) dengan varietas Koshihikari (sub-sp. Japonika), terpilih 568 tanaman, selanjutnya 568 tanaman tersebut dimurnikan sampai generasi F₈ hingga menjadi 568 galur murni. Galur-galur murni ini dilengkapi dengan data beberapa sifat agronomi seperti tinggi tanaman, umur tanaman, panjang malai, jumlah gabah per malai, panjang gabah, lebar gabah, dan lain-lain sehingga akan memberi kemudahan dalam penggunaannya pada program pemuliaan tanaman padi selanjutnya. Diantara galur-galur itu, 7 galur terbaik langsung masuk uji daya hasil, 23 galur disilangkan sesamanya untuk mengumpulkan sebanyak mungkin sifat yang diinginkan pada satu tanaman, dan 2 galur berpotensi untuk dikembangkan tetapi masih punya sedikit kelemahan, yaitu batang terlalu tinggi sehingga mudah rebah untuk galur KI 237, dan umur terlalu panjang untuk galur KI 432. Peningkatan manfaat galur KI 237 dan KI 432 dilakukan dengan memperbaiki kelemahannya melalui pemuliaan mutasi. Setelah benih kedua galur tersebut diiradiasi dengan sinar gamma dosis 200 Gy, diperoleh sejumlah mutan pendek dan semi-pendek, serta mutan genjah pada populasi M₂. Mutan-mutan tersebut akan sangat berguna untuk memperbaiki kelemahan galur asalnya baik secara langsung maupun melalui pemuliaan silang balik (*backcross breeding*).

Kata kunci: mutasi induksi, galur pemuliaan, keragaman genetik, persilangan antar sub-spesies.

ABSTRACT

**MUTATION BREEDING FOR ENHANCEMENT OF THE BENEFIT OF
SELECTED LINES DERIVED FROM AN INTER SUB-SPECIFIC CROSS OF RICE.**

Narrow genetic variability of released rice varieties contributed largely to occurrence of leveling of potential rice yield over the past decades. In this research a high genetic variability of breeding lines were constructed through inter sub-specific crossing, Indica and Japonica. Out of 100,000 F₅ plants derived from a cross of IR36 (Indica sub-sp.) and Koshihikari (Japonica sub-sp.), 568 plants were selected, and the selected plants were purified to F₈ becoming 568 pure lines. These lines were complemented by some data of agronomy characters such as plant height, growth duration, panicle length, number of seeds per panicle, kernel length, kernel width, etc., making these lines easy to use in the next breeding programs. Among these lines, the best 7 lines are subjected to yield trials, 23 lines were crossed to each other for gathering the desirable characters as many as possible, and 2 lines were promising, but still have some undesirable characters, such as susceptible to lodging for KI 237 line and late maturity for KI 432 line. For enhancement of the benefit of KI 237 and KI 432, mutation breeding method was employed to improve these undesirable characters. Through seeds irradiations of KI 237 and KI 432 by 200 Gy of gamma rays, some dwarf, semi dwarf (resistance to lodging) and early maturity mutants were obtained in F₂ populations. These

mutants can be used directly as well as through backcross breeding programs to improve undesirable characters of their original lines.

Key words: breeding lines, genetic variability, inter sub-species cross, mutation.

PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia. Pada pertengahan tahun 1980an Indonesia berhasil mencapai swasembada beras, tetapi pertumbuhan produksi beras menurun sejak tahun 1990an [1]. Penurunan pertumbuhan produksi beras Indonesia antara lain disebabkan karena berkurangnya lahan sawah subur yang beralih fungsi menjadi lahan non pertanian dan terjadinya pelandaian peningkatan potensi hasil varietas padi. Untuk memenuhi kebutuhan beras nasional dimana pertumbuhan penduduk per tahun masih mencapai 1,3 % [2], peningkatan produksi beras Indonesia perlu terus diupayakan. Menanam varietas unggul yang mampu berproduksi tinggi merupakan cara yang relatif murah, ramah lingkungan dan aman untuk meningkatkan produksi padi.

Sejak dilepasnya varietas IR8 pada tahun 1966 [3], umumnya para pemulia sepakat bahwa potensi produksi varietas padi sampai sekarang belum berhasil ditingkatkan secara signifikan [4]. Pembentukan varietas baru hanya mampu mempertahankan potensi IR8 dengan memperbaiki umur, kualitas beras, dan daya adaptasinya terhadap stres lingkungan. Sempitnya keragaman genetik dari varietas-varietas padi yang sudah dilepas memberi kontribusi terhadap terjadinya pelandaian peningkatan potensi hasil. Varietas-varietas padi yang sudah dilepas banyak yang saling berkerabat, sehingga keragamannya kurang dan potensi hasilpun tidak berbeda [5]. Pada tahun 1982 produksi rata-rata nasional sebesar 4,04 t/ha, sedangkan pada tahun 2006 sebesar 4,62 t/ha [6] sehingga peningkatan selama 24 tahun hanya 0,58 t/ha. Sehubungan dengan itu untuk meningkatkan potensi hasil di masa yang akan datang, perlu digunakan sumber genetik yang berbeda pada program perakitan varietas baru. Di samping itu mutasi induksi dengan menggunakan berbagai mutagen baik mutagen kimia maupun mutagen fisika juga sudah memberi kontribusi yang nyata pada perbaikan tanaman di berbagai belahan dunia, dan pada beberapa hal telah memberikan dampak terhadap peningkatan produksi [7].

Pada penelitian ini diusahakan pembuatan galur-galur pemuliaan (*breeding lines*) yang mempunyai keragaman genetik luas melalui persilangan antar sub-spesies. Persilangan antar sub-spesies dengan jarak genetik antara kedua tanaman induk yang relatif besar memungkinkan munculnya segregasi *transgressive* sehingga akan melahirkan progeni dengan keragaman genetik yang relatif besar. Segregasi *transgressive* adalah munculnya suatu individu pada populasi yang bersegregasi dimana fenotipe individu tersebut melebihi dari fenotipe kedua tetuanya dan biasa

ditemukan pada progeni yang berasal dari persilangan *inter* dan *intra specific* [8]. Keragaman genetik yang besar akan memberi keleluasaan dalam melakukan seleksi termasuk seleksi ke arah peningkatan potensi hasil. Tanaman yang terpilih dimurnikan sehingga menjadi galur murni yang siap digunakan sebagai bahan pemuliaan (*breeding materials*) pada program pemuliaan selanjutnya. Galur-galur murni yang terpilih tersebut dapat langsung masuk pada uji daya hasil, atau perlu perbaikan lagi dengan mengumpulkan sebanyak mungkin sifat yang diinginkan pada satu tanaman melalui persilangan antar sesama galur murni terpilih, atau mungkin perlu perbaikan beberapa sifat yang tidak diinginkan melalui mutasi induksi.

Mutasi induksi sementara ini merupakan metode pemuliaan yang paling efektif untuk perbaikan satu atau beberapa sifat yang tidak diinginkan. Sejalan dengan ini, HARTEN [9] menyarankan perbaikan sifat melalui metode pemuliaan mutasi sedapat mungkin berkonsentrasi hanya pada satu target. Berdasarkan database yang dikeluarkan FAO/IAEA, dari 1700 varietas mutan padi yang sudah dilepas di berbagai belahan dunia, yang terbanyak adalah varietas mutan genjah dan semi-pendek, masing-masing 165 varietas [10]. Tujuan penelitian ini adalah membuat galur-galur pemuliaan (*breeding lines*) yang mempunyai keragaman genetik luas melalui persilangan antar sub-spesies. Dari persilangan tersebut, dua galur terpilih diantaranya adalah galur KI 237 dan KI 432 diperbaiki melalui pemuliaan mutasi untuk mendapatkan tanaman yang lebih pendek dan lebih genjah.

BAHAN DAN METODA

Untuk meningkatkan keragaman genetik galur pemuliaan, berbagai galur murni dibuat melalui persilangan antar sub-spesies, yaitu sub-spesies indika, var. IR36 dengan sub-spesies Japonica, var. Koshihikatri. IR36 adalah varietas introduksi dari IRRI (*International Rice Research Institute*), toleran terhadap berbagai hama dan penyakit tanaman padi, dan mampu beradaptasi dengan baik di hampir semua lahan persawahan yang ada di Indonesia. Koshihikari adalah varietas yang sangat populer di Jepang, terkenal dengan rasa nasi yang enak dengan kadar amilosa sedang [11], tetapi tidak dapat tumbuh baik di Indonesia karena sangat sensitif terhadap fotoperiod (panjang hari).

Pada tahap awal, galur murni dibuat dengan membiarkan tanaman F_1 menyerbuk sendiri sampai generasi F_5 . Seleksi dilakukan pada populasi F_5 , dan pada tahap berikutnya tanaman terpilih dimurnikan sampai generasi F_8 . Dari 100 tanaman F_2 yang berasal dari satu tanaman F_1 , dipanen secara individu, dan benih F_3 ditanam secara pedigri dengan jumlah tanaman sebanyak 10 tanaman per tanaman F_2 . Total tanaman F_3 menjadi 1000 tanaman. Begitu

seterusnya pada generasi F_4 dan F_5 , hingga total tanaman F_5 menjadi 100.000 tanaman. Seleksi dilakukan pada generasi F_5 dengan penekanan pada sifat agronomi dan sifat lainnya seperti ketahanan hama dan penyakit di lapangan. Selanjutnya tanaman yang terseleksi dimurnikan lagi sampai generasi F_8 , dan galur murni terpilih diberi nama dengan inisial KI 237 dan KI 432. Pada F_8 dilakukan pengamatan terhadap tinggi tanaman, umur tanaman, panjang malai, jumlah gabah per malai, panjang gabah, lebar gabah, dan lain-lain. Galur KI dapat digunakan sebagai material dasar pada program pemuliaan selanjutnya. Skema pemuliaan galur KI dapat dilihat pada gambar 1.

KI 237 adalah galur berpenampilan bagus dengan potensi hasil tinggi, tetapi batang tanaman terlalu tinggi yaitu mencapai lebih dari 110 cm, akibatnya tanaman tersebut mudah rebah. Untuk mereduksi tinggi tanaman galur KI 237, sebanyak 50 gram benih dari galur tersebut diiradiasi dengan sinar gamma dosis 200 Gy. Sebanyak 500 tanaman M_1 dipanen secara individu untuk mendapatkan benih M_2 , dan masing-masing M_2 ditanam sebanyak 20 tanaman. Seleksi terhadap tinggi tanaman dilakukan pada 342 galur M_2 .

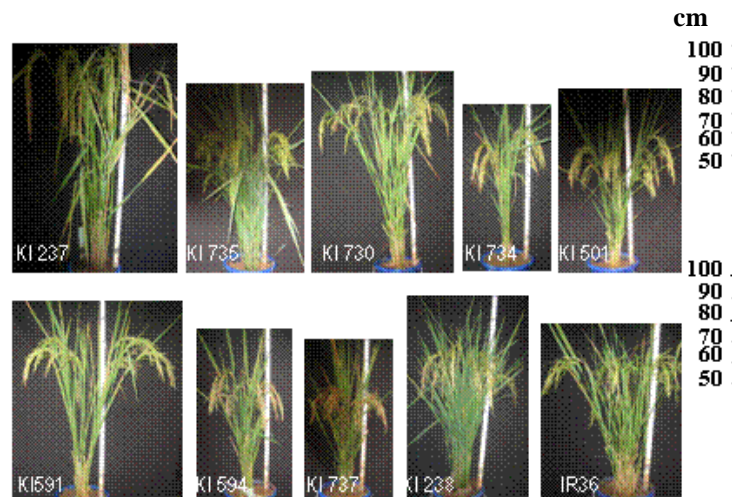


Gambar 1. Skema pemuliaan galur KI.

Begitu juga dengan galur KI 432, berpenampilan bagus dengan potensi hasil diatas 12 ton/ha, tetapi umur tanamannya terlalu panjang yaitu mencapai hampir 150 hari. Untuk mereduksi umur tanaman, sebanyak 50 gram benih KI 432 diiradiasi dengan sinar gamma dosis 200 Gy. Seleksi umur genjah dilakukan pada 487 galur M_2 yang jumlah tanaman per galurnya sebanyak 20 tanaman.

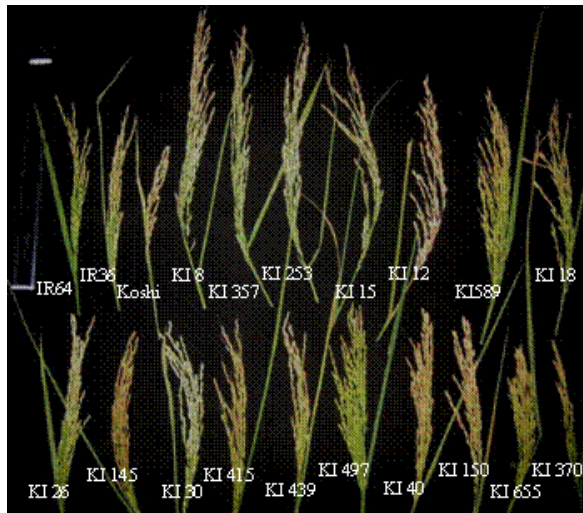
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini tanaman F_1 dari persilangan Koshihikari dengan IR36 tumbuh bagus dengan postur kekar tetapi *pollen* dan bijinya semi steril. Dengan membiarkan tanaman menyerbuk sendiri dari generasi ke generasi berikutnya, fertilitas biji maupun *pollen* secara bertahap terlihat semakin membaik. Seleksi dilakukan pada populasi F_5 dengan penekanan pada sifat agronomi, fertilitas biji, dan tingkat toleransi terhadap hama dan penyakit di lapangan. Dari 100.000 tanaman F_5 , terpilih sebanyak 568 tanaman, dan selanjutnya 568 tanaman yang terpilih dimurnikan sampai generasi F_8 hingga menjadi 568 galur murni. Galur murni ini dilengkapi dengan data beberapa sifat agronomi (data tidak ditampilkan) seperti tinggi tanaman, umur tanaman, panjang malai, panjang gabah, lebar gabah, dan lain-lain sehingga memudahkan dalam penggunaan.



Gambar 2. Penampilan beberapa galur KI.

Gambar 2, 3 dan 4 memperlihatkan berbagai penampilan galur murni. Keragaman terlihat pada berbagai karakter seperti tinggi tanaman, umur tanaman, jumlah anakan, daun bendera, panjang malai, jumlah biji per malai, panjang gabah, lebar gabah, dan lain-lain. Munculnya sifat-sifat dengan ukuran ekstrim seperti tinggi tanaman, panjang malai, ukuran gabah, dan sifat lainnya pada galur-galur murni terpilih berawal dari terlihatnya variasi yang luas pada populasi F_2 yang dikenal juga dengan variasi *transgressive*. Menurut RICK and SMITH [12] ada tiga hipotesa yang dapat menerangkan terjadinya variasi *transgressive* yaitu; mutasi de novo saat hibridisasi, aksi komplemen beberapa gen yang berasal dari kedua tetua, dan unmasking gen resesif dengan kondisi heterozigot pada kedua tetuanya. XU, *et al.*[13] melaporkan bahwa segregasi *transgressive* terhadap sudut anakan (*tiller angle*) yang ditemukan pada populasi F_2 dari persilangan antar varietas sesama padi Indika disebabkan oleh aksi komplemen beberapa gen. Untuk mengetahui penyebab terjadinya variasi *transgressive* pada penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.



Gambar 3. Variasi malai galur KI

Pada program pemuliaan selanjutnya, galur-galur yang berpenampilan bagus sebanyak 7 galur langsung masuk pada uji daya hasil. Dari galur-galur yang masih banyak kekurangannya, dipilih sebanyak 23 galur, diperbaiki melalui persilangan antar sesama galur terpilih untuk mengumpulkan sebanyak mungkin sifat-sifat yang diinginkan pada satu tanaman. Dua galur yaitu galur KI 237 dan KI 432, secara umum sudah bagus tetapi masih memiliki sedikit sifat yang tidak diinginkan, diperbaiki melalui mutasi induksi dengan menggunakan iradiasi sinar gamma.



Gambar 4. Variasi gabah galur KI.

Dari seleksi 342 galur M_2 asal iradiasi KI 237 ditemukan 1 galur bersegregasi antara tanaman normal dengan tanaman pendek dengan perbandingan 17 normal banding 3 pendek, dan 4 galur bersegregasi antara tanaman normal dengan tanaman semi-pendek dengan perbandingan masing-masing 12 normal banding 8 semi-pendek, 17 normal banding 3 semi-pendek, 18 normal banding 2 semi-pendek, dan 18 normal banding 2 semi-pendek (Tabel 1). Karena jumlah tanaman M_2 untuk setiap galurnya sangat sedikit yaitu hanya 20 tanaman, maka perbandingan segregasi antara mutan dan tanaman normal tidak bisa menyimpulkan jumlah GEC (*Geneically Effective Cell*) yang termutasi. Galur-galur yang bersegregasi dipanen secara individu dan analisis genetik untuk mengidentifikasi gen yang termutasi yang terkait dengan sifat tinggi tanaman akan dilakukan pada generasi M_3 dan generasi selanjutnya.

Tabel 1. Segregasi tanaman normal, pendek dan semi-pendek pada galur M_2 yang berasal dari iradiasi KI 237.

| Galur M_2 | Normal | Pendek | Semi-Pendek |
|-------------|--------|--------|-------------|
| RKI 237-1 | 12 | | 8 |

| | | |
|-----------|----|---|
| RKI 237-2 | 17 | 3 |
| RKI 237-3 | 17 | 3 |
| RKI 237-4 | 18 | 2 |
| RKI 237-5 | 18 | 2 |

Hasil seleksi 487 galur M_2 asal iradiasi KI 432 dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat tiga galur bersegregasi antara tanaman genjah (keluar malai 84 – 85 hari setelah semai) dengan tanaman normal (keluar malai setelah 108 hari setelah semai), dan 20 galur bersegregasi antara tanaman genjah (keluar malai 89 – 91 hari setelah semai) dengan tanaman normal (keluar malai setelah 108 hari setelah semai). Umur berbunga yang ditandai dengan keluarnya malai pertama berkorelasi positif dengan umur panen [14], dimana semakin dalam umur berbunga semakin dalam pula umur panen, sehingga umur berbunga dapat digunakan sebagai penciri umur panen. Galur-galur yang bersegregasi dipanen secara individu dan analisis genetik akan dilakukan pada generasi M_3 dan generasi selanjutnya untuk mengidentifikasi gen yang termutasi yang berkaitan dengan umur tanaman. Mutan yang terseleksi juga akan digunakan untuk perbaikan umur tanaman galur KI 432.

Tabel 2. Galur yang memperlihatkan segregasi antara tanaman genjah (keluar malai 84 – 85 dan 89 -91 HSS) dengan tanaman normal (keluar malai setelah 108 HSS)

| Jumlah Galur M_2 | Keluar Malai (HSS) |
|--------------------|--------------------|
| 3 | 84 - 85 |
| 20 | 89 - 91 |

HSS = Hari Setelah Semai.

KI 432 (Kontrol) keluar malai pertama 108 HSS

Keberhasilan mutasi induksi dalam mereduksi umur tanaman maupun tinggi tanaman sudah banyak dilaporkan [15, 16, 17, 18]. Pada umumnya mutan genjah atau mutan semi pendek tersebut berasal dari iradiasi varietas-varietas yang sudah dikenal. Mutan yang terpilih pada generasi awal dimurnikan dengan membiarkan tanaman menyerbuk sendiri untuk beberapa generasi dan setelah melalui beberapa pengujian, galur-galur tersebut langsung dilepas sebagai varietas mutan tanpa ada perlakuan lain. Pada penelitian ini, tanaman yang diiradiasi, KI 237 dan KI 432, adalah galur murni yang terpilih dari populasi persilangan antar sub-spesies. Kedua galur ini punya potensi hasil yang tinggi tetapi juga punya kelemahan yaitu batang terlalu tinggi dan

mudah rebah untuk KI 237 dan berumur terlalu panjang untuk KI 432. Mutasi induksi pada penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kelemahan masing-masing pada kedua galur tersebut. Mutan yang terseleksi kemungkinan bisa langsung jadi varietas setelah melalui beberapa pengujian yang diperlukan, dan kemungkinan juga hanya digunakan sebagai induk donor pada program pemuliaan silang balik (*backcross breeding*) khususnya dalam memperbaiki tanaman asalnya, KI 237 dan KI 432.

Pembuatan 500 galur murni secara *single seed descent* dari 500 tanaman M_1 asal iradiasi KI 432 juga sedang dilakukan. Galur-galur murni ini nantinya akan digunakan untuk seleksi mutan yang berhubungan dengan kualitas biji seperti kandungan amilosa, kandungan protein, dan sifat-sifat lain dimana dalam melakukan analisis sifat tersebut diperlukan sejumlah biji yang mungkin tidak dapat dipenuhi kalau hanya dari hasil satu tanaman.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut;

1. Dari 100.000 tanaman F_5 asal persilangan antar sub-spesies Indika (IR36) dengan Japonika (Koshihikari), terpilih sebanyak 568 tanaman, dan selanjutnya 568 tanaman yang terpilih dimurnikan sampai generasi F_8 hingga menjadi 568 galur murni.
2. Dari 568 galur murni, 7 galur terbaik langsung masuk uji daya hasil, 23 galur diperbaiki melalui persilangan sesama galur terpilih, dan 2 galur yaitu KI 237 dan KI 432 diperbaiki melalui pemuliaan mutasi.
3. Melalui iradiasi sinar gamma dosis 200 Gy pada galur KI 237 diperoleh sejumlah mutan pendek dan semi-pendek, dan iradiasi pada galur KI 432 diperoleh sejumlah mutan genjah.
4. Diantara mutan-mutan tersebut ada mutan yang seperti tanaman asalnya KI 237 kecuali batangnya lebih pendek, dan ada pula mutan yang seperti KI 432 kecuali umurnya lebih pendek. Mutan-mutan ini berpeluang untuk dapat dilepas sebagai varietas mutan secara langsung (tanpa perbaikan lagi) setelah melalui berbagai pengujian yang diperlukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan kepada kolega di Balai Iridiasi, Elektromekanik dan Instrumentasi, PATIR-BATAN, yang telah membantu dalam meradiasi benih galur KI 237 dan

KI 432 masing-masing dengan dosis 200 Gy, serta kepada bapak Carkum, SP., Kelompok Pemuliaan Tanaman PATIR – BATAN, yang telah membantu pelaksanaan penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. BAPENAS / DEPARTEMAN PERTANIAN/USAID/DAI FOOD POLICY ADVISORY TEAM. 2002. Indonesian food policy program. Available at <http://www.macrofoodpolicy.com>
2. BPS-STATISTIC INDONESIA. Statistic year book of Indonesia 2004. Badan Pusat Statistic. Jakarta.
3. CANTRELL, R. P., HETTEL, G. P. Research strategy for rice in the 21st century. Proceeding of World Rice Research Conference, Tsukuba International Congress Center (Epochal Tsukuba) Tsukuba, Ibaraki, Japan (2004) 10.
4. SOBRIZAL, ISMACHIN, M. Peluang mutasi induksi pada upaya pemecahan hambatan peningkatan produksi padi. Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi 2 (2006) 50.
5. SUSANTO, U., DERADJAD, A. A., SUPRIHATNO, B. Perkembangan pemuliaan padi sawah di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian. 22 (2003) 125.
6. BPS. Harvested area, yield rate and production of paddy in Indonesia. Available at <http://www.bps.go.id/sector/agri/pangan/table1.shtml>.
7. MALUSZINSKI, M., AHLOOWALIA, B. S., SIGURBJORNSSON, B. Application of invivo and in vitro mutation techniques for crop improvement. Euphytica 85 (1995) 303.
8. VEGA, U., FREY, K. J. Transgressive segregation in inter and intraspecific crosses of barley. Euphytica 34 (1980) 875.
9. HARTEN, A. M. van. Mutation breeding, theory and practical application. Cambridge University Press (1998) p. 207.
10. MALUSZENSKY, M., NICHTERLEIN, K., ZANTEN, L. VAN, AHLOOWALIA, B. S. Officially released mutant varieties. The FAO/IAEA database. Mutation Breeding Review 12 (2000) p. 84.
11. McKENZIE, K. S., NOBLE, A. E., and TAKAMI, K. Quality characteristics of two low amylose rice lines. Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 38 (2006) 39.
12. RICK, R. M., SMITH, P. G. Novel variation in tomato species hybrids. Am. Nat. 88 (1953) 359.
13. XU, Y., McCOUCH, S. R., SHEN, Z. Transgressive segregation of tiller angle in rice caused by complementary gene action. Crop Sci. 38 (1998) 12.
14. ISMACHIN, M. Sifat genjah mutan padi varietas Pelita I/1 dan IR5. Disertasi Doktor disampaikan pada Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. (tidak diterbitkan).
15. SOBRIZAL. Seleksi mutan genjah pada populasi M2 tanaman padi varietas Kuriak Kusuik dan Randah Tinggi Putih. Jurnal Agrotropika 12 (2007) 37.

16. ISMACHIN, M., SOBRIZAL. A significant contribution of mutation techniques to rice breeding in Indonesia. *Plant Mutation Report*. 1 (2006) 18.
17. AMANO, E., Use of induced mutants in rice breeding in Japan. *Plant Mutation Report*. 1 (2006) 21.
18. MOHAMAD, O., MOHD. NASIR, B., ALIAS, I., AZLAN, S., ABDUL RAHIM, H., ABDULLAH, M. Z., OTHMAN, O., HADZIM, K., SAAD, A., HABIBUDDIN, H., GOLAM, F. Development of improved rice varieties through the use of induced mutations in Malaysia. *Plant Mutation Report*. 1 (2006) 27.