

Pemuliaan Padi dengan Mutasi Buatan

Moch. Ismachin

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional

PENDAHULUAN

Prinsip utama dalam pemuliaan adalah menimbulkan keragaman genetik, lalu menyeleksi sesuai dengan tujuannya. Adanya keragaman genetik pada tanaman terserbuk sendiri seperti tanaman padi, pada awalnya tentu terjadi karena mutasi yang dibuat oleh alam. Mutasi oleh alam ini sering disebut mutasi spontan dan terjadi karena:

1. Sinar kosmis. Padi genjah yang ditemukan Kaisar Khang Hi (1662-1723) yang kemudian berkembang dan ditanam luas karena merupakan satu-satunya varietas yang mampu dipanen di utara tembok besar dan dua kali dipanen di daerah selatan, diduga terjadi karena mutasi oleh sinar kosmis (16).
2. Perubahan susunan gen dalam khromosom yang terjadi pada waktu pembelahan sel, sehingga dalam persilangan terjadi keturunan yang menyimpang dari sifat tetuanya. Sebagai contoh adalah galur IR747B2-6 dan IR1154-243 yang tahan wereng coklat biotipe 1, tetapi tetuanya tidak ada yang tahan (1). Mungkin varietas Ayung sifat ketannya diperoleh karena kejadian yang serupa.
3. Kondisi fisiologis seperti proses pematangan biji (19).
4. Pengaruh lingkungan seperti nutrisi dan suhu (2, 4).

Dengan ditemukannya mutagen seperti sinar X, sinar gamma, neutron cepat dan senyawa kimia tertentu yang dapat menimbulkan mutasi, manusia lalu memanfaatkannya untuk memperbesar keragaman genetik atau membuat mutasi spontan yang lebih cepat dan lebih banyak terjadinya daripada yang ada di alam.

Mutasi buatan sebagai teknik dalam pemuliaan tanaman umumnya masih tergolong muda. Teknik ini mulai dibakukan baru tahun 1970, yakni dengan terbitnya buku *Manual on Mutation Breeding* oleh Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA). Meskipun demikian, kenyataannya banyak peneliti telah memulai jauh sebelum tahun itu. Dalam Tabel 1 terlihat mutan hasil penggunaan mutasi buatan dalam pemuliaan padi yang dilepas sebagai varietas komersial di berbagai negara.

Penggunaan teknik ini di Indonesia telah dirintis oleh Siwi (20) dan kemudian secara intensif dikembangkan oleh Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) sejak tahun 1972 (8).

Tabel 1. Varietas mutan padi yang telah dilepas, 1988

Nama varietas	Negara dan tahun pelepasan	Mutagen dan tahun perlakuan	Sifat yang diperbaiki menjadi
KT 20-74	Cina, 1957	X	Genjah
SH 30-21	Cina, 1957	X	Genjah
YH 1	Cina, 1966	X	Genjah
Reimei	Jepang, 1966	Gamma, 1959	Genjah
Jagannath	India, 1969	X	Rasa enak
Delta	Perancis, 1970	Gamma, 1961	Bentuk gabah memanjang, hasil tinggi
BP 1-121-407	Filipina, 1970	Gamma, 1965	Genjah
Pare-1	Filipina, 1970	Gamma, 1966	Bentuk gabah memanjang
Milyang 10	Korea, 1970	X, 1966	Pendek
Iratom 36	Bangladesh, 1971	Gamma, 1966	Genjah
Iratom 24	Bangladesh, 1971	Gamma, 1966	Genjah
IIT 48	India, 1972	EO	Genjah
IIT 60	India, 1972	EMS, 1968	Genjah
Nucleoryza	Hongaria, 1972	Nr, 1966	Genjah
Mutsuhonami	Jepang, 1973	Gamma, 1959	Rasa enak
Parc-2	Filipina, 1973	Gamma, 1966	Bentuk gabah memanjang, rasa enak
Hybrid Mutant 95	India, 1973	Gamma, 1966	Pendek, Genjah
Yang-hain Taipai 45	Cina, 1973	Nth, 1960	Genjah
Fulgente	Italia, 1973	X, 1971	Tahan blas
Kagahikari	Jepang, 1973	Gamma	Genjah, rasa enak
Yuan Feng Zao	Cina, 1975	Gamma, 1971	Genjah, lysine tinggi
Shwe War Tun	Birma, 1975	Gamma, 1977	Bentuk gabah memanjang
Nanjing No. 34	Cina, 1976	Gamma, 1971	Pendek, hasil tinggi
Calrose 76	USA, 1976	Gamma, 1969	Pendek
Hayahikari	Jepang, 1976	Gamma, 1959	Tahan rebah
Akihikari	Jepang, 1976	Gamma, 1959	Pendek
RD 6	Thailand, 1977	Gamma, 1965	Ketan, tahan blas
Kashmir Basmati	Pakistan, 1977	Gamma, 1969	Genjah
M 7	USA, 1977	Gamma, 1969	Pendek
RD 15	Thailand, 1976	Gamma, 1965	Genjah
IRAT 13	Pantai Gading, 1978	Gamma, 1972	Tahan kering, pendek
Shwethwetun	Birma, 1981	Gamma	Pendek
M 401	USA, 1981	Gamma, 1974	Gabah memanjang, agak pendek
Dongting No. 3	Cina, 1982	Gamma, 1973	Pendek
Atomita 1	Indonesia, 1982	Gamma, 1974	Genjah, tahan BPH 1, GLH, blas
Shinanosakigake	Jepang, 1982	Gamma, 1973	Gabah besar
Shirakabanishiki	Jepang, 1983	Gamma, 1973	Gabah besar, baik untuk sake
Atomita 2	Indonesia, 1983	Gamma, 1974	Genjah, tahan BPH 1, garam
Fubao 201	Cina, 1978	Gamma	Genjah, pendek, tahan penyakit
Fugui No. 1	Cina, 1980	Gamma	Genjah, pendek, tahan penyakit
Fulianzao No. 3	Cina, 1968	Gamma	Sangat genjah, pendek, tahan penyakit
Fuluzao No. 1	Cina, 1976	Gamma	Daun lebar, anakan produktif lebih banyak
Fushe 410	Cina, 1974	Gamma	Agak tahan blas
Fuxiang No. 1	Cina, 1978	Gamma	15 hari lebih genjah, 30 cm lebih pendek, toleran terhadap suhu dingin, rasa nasi enak, hasil lebih tinggi dari induknya
Fuxuan No. 1	Cina, 1968	Gamma	Genjah, toleran terhadap salinitas

Tabel 1. Varietas mutan padi yang telah dilepas. (Lanjutan)

Nama varietas	Negara dan tahun pelepasan	Mutagen dan tahun perlakuan	Sifat yang diperbaiki menjadi
Fu 769	Cina, 1976	Gamma	Tahan penyakit, hasil tinggi, cocok untuk dataran tinggi
Fu 756	Cina, 1975	Gamma	Tahan penyakit, penampilan menarik pada waktu masak, rasa nasi enak
Gongshe No. 13	Cina, 1969	Gamma	Tahan penyakit, biji besar
Guangfen No. 1	Cina, 1977	63J laser	Genjah, anakan banyak, pendek
Hongfuzao No. 7	Cina, 1980	Gamma	Pendek, malai lebat
Jiguang No. 2	Cina, 1977	He-Ne laser	Pendek, agak genjah
Liaofeng No. 5	Cina, 1969	Gamma	Genjah, pendek, tahan blas
M 112	Cina, 1981	Gamma	Toleran terhadap suhu dingin, tahan <i>Sogatella furcifera</i> , hasil tinggi
Nangeng 23	Cina, 1967	Gamma	Pendek, anakan banyak, lebih tahan <i>Xanthomonas oryzae</i>
Nanzao No. 1	Cina, 1980	Gamma	Genjah, malai lebat, daya adaptasi baik, sangat homogen
Nongshi No. 4	Cina, 1975	Neutron cepat	Genjah, tahan suhu dingin, tahan blas dan <i>Xanthomonas oryzae</i>
Suiwan No. 3	Cina, 1974	Gamma	Anakan banyak, tahan rebah
Wanhongfu	Cina, 1980	Gamma	Toleran suhu dingin, tahan penyakit, cocok untuk dataran tinggi
Youfu No. 5	Cina, 1980	Gamma	Genjah, malai lebat
Zaoyeqing	Cina, 1980	Gamma	Malai panjang, toleran suhu tinggi
Zhongmounuodao	Cina, 1982	Gamma	Ketan, rasa dan kualitas baik, toleran terhadap stres
Zhuqin 40	Cina, 1978	Gamma	Tahan blas, cocok untuk dataran tinggi
202	Cina, 1973	Gamma	Daun sempit, malai panjang, toleran terhadap kekeringan
240	Cina, 1980	Gamma	Genjah, tahan penyakit
69-280	Cina, 1969	Gamma	Pendek, rumpun baik, anakan produktif banyak
Au-1	India, 1976	Gamma	Genjah
B-fu 1	Cina, 1982	Gamma	Pendek, genjah, biji besar
Biraj (GNM 539)	India, 1982	X	Umur dalam, dipengaruhi panjang hari, tahan terendam
Fushenongken 58	Cina, 1973	Gamma	Disukai petani
HPU 8020	India, 1984	Gamma	Masak 10-13 hari lebih lambat, anakan serempak, hasil tinggi
(= IET 5878)			Genjah
Indira	India, 1980	EMS	Genjah
K84	India, 1967	Gamma	Genjah
MI-273(m)	Sri Lanka, 1971	Gamma	Pendek, jumlah anakan banyak, hasil tinggi
PL-56	India, 1975	EMS	Anakan banyak, hasil tinggi, cocok daerah yang banyak hujan
Prabhavati	India, 1984	EMS	Pendek, toleran terhadap besi, hasil tinggi
(= PBN-1)			Genjah, hasil tinggi untuk gogo
Sattari	India, 1983	Gamma	
(CRM 13-3241)			
Vellayani	India, 1968	Neutron	
Chenzao No. 5	Cina, 1970	Gamma	Genjah, anakan produktif banyak

Tabel 1. Varietas mutan padi yang telah dilepas. (Lanjutan)

Nama varietas	Negara dan tahun pelepasan	Mutagen dan tahun perlakuan	Sifat yang diperbaiki menjadi
DB 250	Vietnam, 1986	Gamma + N-dietil-N-nitrosoarea	Batang kuat, beradaptasi tinggi
Marathon (Mara 136)	Perancis, 1985	Gamma	Tahan <i>Pyricularia oryzae</i> /blas
Mutashali	Hongaria, 1980	Neutron cepat (Nr)	Tahan <i>Pyricularia oryzae</i> , tahan rontok, tahan rebah, hasil tinggi
NN 22-98	Vietnam, 1983	N-etil-N-nitrodourea	Batang kuat, beradaptasi baik di air dalam, bobot seribu butir tinggi, hasil tinggi
Oryzella	Hongaria, 1983	EMS	Genjah, hasil tinggi, gabah panjang, kualitas giling-masak-rasa baik
Qikesui	Cina, 1986	Gamma	Bibit toleran terhadap suhu rendah, batang kuat
R 462	Cina, 1985	Gamma	Pendek, hasil tinggi
Rasmi (= PTB 44)	India, 1985	Gamma, 1973	Tidak berbulu, tinggi, hasil tinggi, toleran salinitas
Salir	Portugal, 1983	Gamma	Hasil tinggi
Shuangchiang 30-21 (= SH-30-21)	Cina (Taiwan), 1957	X	Genjah, hasil tinggi
Shadab (IR-6-18)	Pakistan, 1987	EMS, 1969	Hasil tinggi, kualitas gabah baik, toleran salinitas, lebih tahan terhadap penggerek batang
Taifu No. 4	Cina, 1979	Gamma + kolkisid	Tahan penyakit
Xiangfu 81-10 (= Xiang-zaoluo 1)	Cina, 1984	Gamma	Ketan, baik untuk sake, hasil tinggi, tahan blas dan bacterial blight
Zhongtie 652	Cina, 1985 Cina, 1979	Neutron Gamma	Hasil tinggi, daya adaptasi baik
Binasail	Bangladesh, 1987	Gamma	Tahan blas, cocok untuk dataran tinggi
Dalris 11	Rusia, 1988	NMU	Tinggi, batang kuat, genjah, hasil tinggi, lebih tahan wereng coklat-hijau-tungro
Hongtu 31	Cina, 1980	Berkas elektron	Genjah
Jongnou No. 6	Cina, 1986	Gamma	Produksi tinggi, anakan banyak, tahan blas, kualitas gabah baik
Marjan	Rusia, 1987	Gamma	Tahan blas dan blight, hasil tinggi, kualitas gabah baik
Qiufu No. 1	Cina, 1977	Gamma	
Danau Atas	Indonesia, 1988	Gamma	Tahan rebah, hasil tinggi
R 817	Cina, 1981	Gamma	Pendek, malai panjang, tahan dingin, hasil tinggi
7404	Cina, 1977	Gamma	Tahan blas, cocok untuk lahan kering dan pH rendah
			Ketan, hasil tinggi, genjah, pendek, baik untuk sake
			Pendek, tahan rebah, hasil tinggi, tahan bacterial blight dan blas

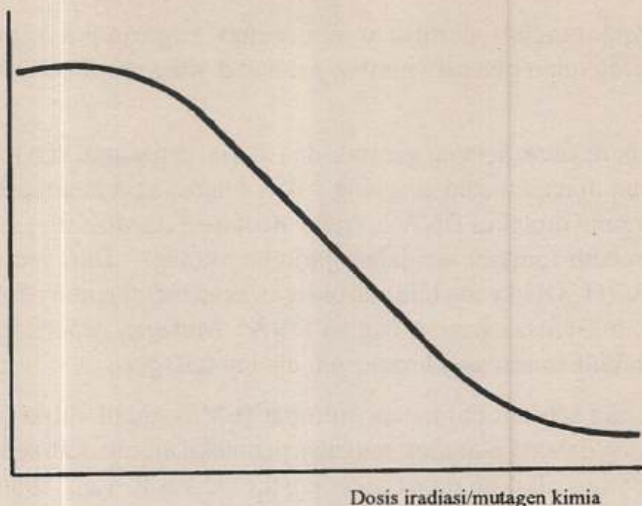
MUTASI BUATAN

Ada beberapa macam pendapat mengenai bagaimana mutagen itu dapat menimbulkan keragaman genetik, namun pendapat yang umum dianut adalah sebagai berikut:

1. Mutagen seperti sinar X, sinar gamma, dan neutron cepat atau pun neutron termal dapat menyebabkan mutasi secara langsung yakni dengan cara memecahkan ikatan kimia tulang punggung molekul DNA: ... gula--fosfat--gula--fosfat- ..., atau secara tidak langsung melalui ionisasi air dalam jaringan biologi. Dari ionisasi ini terbentuk radikal bebas ($H^{\cdot}$, $OH^{\cdot}$) yang bila ada oksigen akan membentuk peroksida. Peroksida ini akan lebih merusak bagian-bagian DNA. Mutagen seperti ini oleh karenanya dapat menimbulkan mutasi khromosom atau mutasi gen.
2. Senyawa kimia seperti: etil metan sulfonat (EMS), dietil sulfat (DES) dan lainnya yang tergolong dalam kelompok senyawa penoalkil merupakan senyawa yang sangat reaktif. Senyawa alkil ini dapat mentransfer radikal $R^{\cdot}$ yang akan bereaksi dengan guanin pada N-7, baik pada asam nukleat, nukleotida, atau nukleosida. Guanin yang teralkilasi lalu berpasangan dengan thimin (seharusnya guanin berpasangan dengan sitosin, sedang thimin dengan adenin) maka terjadilah mutasi transisi. Menurut Heslot (6) DNA mengandung basa purin (adenin dan guanin) dan basa pirimidin (sitosin dan thimin) yang sama banyaknya. Perbandingan pasangan adenin-thimin dengan guanin-sitosin untuk suatu sifat tertentu adalah tetap, sehingga bila terjadi perubahan pada salah satu jumlah asam amino tersebut harga perbandingan akan berubah yang berarti akan terjadi perubahan sifat, seperti kejadian guanin yang berpasangan dengan thimin akan menjadikan jumlah pasangan guanin-sitosin berkurang. Dengan demikian nilai perbandingan tidak lagi seperti semula.

Pengaruh iradiasi atau mutagen kimia terhadap sistem biologi terbukti selalu mengikuti kurva sigmoid (Gambar 1). Bentuk kurva yang demikian dapat diterangkan dengan teori sasaran atau *target theory*. Diduga bahwa kepekaan bagian-bagian molekul atau sel itu berbeda. Bila iradiasi itu mengenai bagian sel yang tidak peka, maka selamatlah sel itu. Tetapi bila iradiasi itu mengenai bagian sel yang peka maka sel itu akan rusak atau mati. Semakin tinggi dosis iradiasi yang digunakan, semakin besar kemungkinan bagian yang peka teriradiasi.

% tinggi bibit/
benih yang tumbuh



Gambar 1. Kurva pengaruh mutagen terhadap pertumbuhan benih

TEORI PENGGUNAAN MUTASI BUATAN DALAM PEMULIAAN

Pemilihan Varietas Induk

Pemilihan varietas induk tergantung pada tujuan pemuliaan, sedang tujuan pemuliaan dapat dicapai secara langsung atau tidak langsung tergantung dari fasilitas untuk melaksanakan seleksi. Contoh yang padan adalah varietas mutan padi *Nucleoryza* dari Hongaria (14). Karena varietas yang ada peka terhadap penyakit blas maka didatangkan varietas dari luar dan ternyata varietas *Cesariot* dari Perancis yang tahan tetapi varietas ini tidak dapat berbuah di Hongaria karena umurnya jadi bertambah panjang. Varietas ini dipilih sebagai induk karena menyeleksi umur yang genjah lebih mudah daripada menyeleksi tanaman yang tahan blas. Di antara mutan-mutan yang dihasilkan dari iradiasi dengan gamma dan netron cepat, ternyata ada satu mutan hasil iradiasi netron cepat yang mampu berbuah dengan baik dan tahan blas. Varietas mutan ini kemudian dilepas dengan nama *Nucleoryza*.

Pemilihan Mutagen

Seperti diketahui, sudah ada sumber iradiasi gamma dan netron cepat di Indonesia, yakni di BATAN Jakarta, Yogyakarta, dan Bandung. Mutagen kimia dapat pula diadakan dengan cara mengimpor. Namun pemakaian mutagen kimia tidak semudah cara iradiasi, karena diperlukan lab dengan ruang asam yang baik, perlu penelitian pendahuluan yang cukup lengkap meliputi pengaturan waktu perendaman benih, suhu, pH, dosis, pengadukan, dan lama pencucian dan keselamatan kerja.

Populasi M_1 dan M_2 .

Besarnya populasi tanaman dari benih yang diperlakukan (M_1) dan populasi tanaman keturunannya (M_2) sangat penting untuk menjamin keberhasilan program pemuliaan. Brock (3) mengemukakan cara penghitungan seperti berikut ini.

Dalam mutasi satu gen berlaku rumus:

$$n = \frac{\log(1-p_1)}{\log(1-u)}$$

di mana n = jumlah sel yang harus diperlakukan

p_1 = peluang terjadinya mutasi

u = frekuensi mutasi

Dari rumus itu dapat disusun tabel seperti terlihat dalam Tabel 2. Bila frekuensi mutasi 1×10^{-3} diharapkan terjadi 90% maka sel progeni atau sel awal yang harus diperlakukan dengan mutagen berdasar tabel di atas adalah 2326 sel. Tetapi bila dosis yang dipilih akan menimbulkan kematian 50%, jumlah sel progeni harus lebih banyak yakni 2×2326 sel atau 5000 sel awal.

Tabel 2. Jumlah sel progeni untuk berbagai frekuensi mutasi dan kemungkinan mutasi yang terjadi.

Frekuensi mutasi (u)	Jumlah sel $p_1 = 0,90$	progeni (n) $p_1 = 0,99$	Kemungkinan mutasi yang terjadi
1×10^{-2}	233	465	Perubahan kromosom dan sifat kuantitatif
1×10^{-3}	2.326	4.652	Beberapa gen resesif
1×10^{-4}	23.260	46.520	Satu gen resesif
1×10^{-5}	232.600	465.200	Satu gen dominan

Menurut Osone (17), dalam embrio gabah terdapat 5-6 sel progeni atau sel awal. Jadi kalau dalam embrio gabah itu ada 5 sel awal, maka jumlah benih yang diperlakukan cukup $5000 : 5 = 1000$ butir untuk dapat diharapkan terjadi mutasi pada beberapa gen resesif. Ini berarti bahwa pada waktu panen nanti ± 500 tanaman saja yang dapat dipanen, karena dosis yang dipilih dapat menyebabkan kematian 50%. Tetapi pada populasi tanaman M_1 ini belum dapat dilakukan seleksi, karena di samping terjadi kerusakan fisik (fisiologi tumbuhan terganggu seperti pertumbuhan tidak normal, pembungaan terlambat dan tidak serempak dengan sterilitas yang tinggi) kerusakan genetik yang diharapkan tidak langsung homogen.

Seperti diterangkan dalam teori sasaran di atas, tidak semua sel progeni atau sel awal itu mempunyai kepekaan yang sama terhadap mutagen. Dari 5 sel progeni mungkin hanya satu atau dua saja yang peka dan terkena mutagen dan mengalami mutasi. Dengan demikian dalam pertumbuhan selanjutnya dari benih itu akan terbentuk tanaman yang sebagian mengalami mutasi dan sebagian tidak. Jadi tanaman M_1 yang mengalami mutasi itu berbentuk khimera. Begitu pula malai-malainya mengandung gabah yang termutasi dan tidak. Gabah yang mengalami mutasi ini baru terlihat setelah ditumbuhkan; jadi untuk memilih (seleksi) mutan baru dapat dilakukan pada populasi generasi M_2 . Hanya pada mutasi tertentu saja bisa dicirikan dalam populasi M_1 . Oleh karena itu dari M_1 tanaman yang mengalami mutasi tidak dapat dicirikan seperti tanaman F_1 dari persilangan yang berhasil, sehingga gabah dari setiap tanaman M_1 menjadi benih yang harus ditanam.

Dalam praktek sering hal ini tidak mungkin dilaksanakan karena jumlahnya yang banyak sekali. Dari hasil penelitian selama ini (5, 17) terbukti bahwa gabah dari satu malai dapat mewakili populasi gabah tanaman dari mana malai itu berasal. Berikut ini disajikan cara menghitung jumlah gabah terkecil yang harus diambil untuk benih dari setiap malai/tanaman (7).

$$m = \frac{\log (1-p_2)}{\log (1-a)}$$

dimana: m = jumlah tanaman M_2 terkecil yang berasal dari tiap malai/tanaman M_1

p_2 = peluang munculnya homosigot/mutan

a = rasio segregasi

Dari rumus di atas dapat disusun Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Jumlah tanaman M₂ terkecil untuk nilai a dan P₂ tertentu.

Rasio segregasi (a)	Jumlah tanaman M ₂ terkecil (m)	
	p ₂ = 0,90	p ₂ = 0,99
1/4	8,0	16,0
1/8	17,2	34,5
1/12	26,3	53,6
1/16	35,7	71,4
1/20	45,5	91,0

Dari contoh di atas disebutkan bahwa tanaman M₁ yang dipanen ada 500 tanaman. Oleh karena ada 5 sel progeni dalam tiap embrio maka rasio segregasi untuk satu sel progeni termutasi adalah 1/20. Dengan harapan munculnya mutan homosigot 90%, maka jumlah tanaman M₂ untuk tiap malai/tanaman M₁ = 50 tanaman. Ini berarti besar populasi M₂ akan mencapai $500 \times 50 = 25.000$ tanaman.

HASIL YANG DICAPAI

Penggunaan mutasi buatan untuk pemuliaan padi telah diawali dengan melakukan beberapa penelitian pendahuluan yang mencakup penelitian kepekaan berbagai varietas padi di Indonesia terhadap sinar gamma (18), perbedaan kepekaan antar malai dari satu tanaman padi terhadap sinar gamma, netron cepat dan EMS (9), pengujian dosis netron cepat dari Standard Triga Irradiation Facilities (STIF) - Bandung (10), dan perlakuan dengan EMS.

Dari penelitian pendahuluan ini diperoleh petunjuk bahwa meskipun ada perbedaan kepekaan di antara varietas-varietas terhadap sinar gamma tetapi selang perbedaannya tidak terlalu lebar sehingga secara umum dapat dinyatakan dosis 0,2-0,4 kGy baik untuk pemuliaan mutasi buatan padi dengan sinar gamma. Untuk sinar netron cepat, dosis yang dapat diharapkan banyak menimbulkan mutasi adalah 1/10 dosis sinar gamma. Hasil penelitian dosis EMS belum memuaskan, karena faktor suhu ruangan yang tinggi dan kondisi lab pada waktu itu. Namun didapat petunjuk bahwa perendaman awal cukup 28 jam (11) pada suhu ruang 30°C dibanding dengan 30-40 jam pada suhu 27°C (12). Dosis atau konsentrasi larutan 0,5-1,5% dengan waktu perendaman (dikocok terus) 1-2 jam pada suhu 25°C dapat diharapkan akan banyak menimbulkan mutasi. Namun perlu pula diingat bahwa setelah diperlakukan dengan EMS, gabah benih itu harus dicuci untuk menghilangkan sisa asam selama 4-16 jam dengan air yang mengalir.

Pelaksanaan di lapang pada tahun 1972 menggunakan populasi M₁ untuk sinar gamma 2.352 tanaman dan populasi M₂ sebesar 91.530 tanaman. Untuk populasi M₂ diambil dari tiap tanaman M₁ sebanyak 3 malai dan dari tiap malai ini ditanam 15 tanaman dalam satu galur. Selanjutnya untuk setiap tanaman M₂ yang terpilih di-*pedigree*-kan pada generasi-generasi selanjutnya. Dibandingkan dengan penggunaan populasi M₁ dan M₂ yang lebih kecil (perlakuan EMS dengan populasi M₁ = 495 atau perlakuan sinar gamma dengan populasi 358 tanaman M₁) macam mutasi yang berhasil diidentifikasi pada populasi yang pertama jauh lebih banyak.

Macam perubahan sifat yang terjadi ternyata dapat beragam sekali tergantung dari kemampuan mencirikannya. Di lapang dapat dicirikan adanya perubahan pada sifat umur (dapat menjadi lebih genjah atau lebih dalam), perubahan pada tinggi tanaman (menjadi pendek sekali, sedang, atau lebih tinggi), perubahan pada bentuk gabah (memanjang, lebih bulat, atau mengecil), perubahan pada bentuk daun, perubahan pada malai (tangkainya hampir tidak memanjang sehingga malainya tidak dapat keluar dari pelepah daun), dan pada kondisi lapang tertentu perubahan terhadap sifat ketahanan dapat pula dicirikan (menjadi tahan terhadap ganjur, lahan asin). Di laboratorium, dengan fasilitas yang ada, perubahan sifat yang berhasil dicirikan adalah perubahan ketahanan terhadap hama wereng coklat baik biotipe 1 maupun 2, perubahan ketahanan terhadap penyakit blas, perubahan kandungan protein, dan perubahan kandungan amilosanya (dapat menjadi lebih tinggi, lebih rendah, atau bahkan menjadi ketan).

Beberapa sifat yang berubah tersebut telah diteliti lebih jauh, seperti sifat-sifat genjah dari mutan asal pelita I-1 atau dari PB5 terjadi karena penekanan (*suppressor gene*) yang dominan termutasi menjadi resesif. Karena itu perannya dalam mengontrol atau mempengaruhi genjah yang juga dominan melemah atau hilang (12). Sifat pendek dari beberapa mutan yang ada ternyata tidak alelik dengan DGWG atau antar mereka sendiri. Mutan asal pelita I-1 dengan kandungan total protein lebih tinggi dari total protein pelita I-1 ternyata nilai biologi dari proteinnya menurun (13). Sifat tahan wereng dari varietas Atomita 1 dan Atomita 2 ternyata berbeda dengan Mudgo (15) dan ada beberapa mutan yang dapat digolongkan kepada kelompok toleran terhadap serangan hama wereng coklat biotipe 1 karena mereka bereaksi tahan terhadap serangan namun serangannya tetap hidup (mau makan, berat badan baik, tetapi populasi tidak meledak).

DAFTAR PUSTAKA

1. **Athwal, D.S. and Pathak, M.D.** 1972. Genetics of resistance to rice insects. Rice Breeding, IRRI (1972) 375.
2. **Bhurin, A.** 1950. Beitrage zur zytologie und genetik schweizerscher crepis. In: Manual on Mutation Breeding, IAEA (1977), 107.
3. **Brock, R.D.** 1971. The role of induced mutations in plant improvement. Radiat. Bot., 11.
4. **Durrant, A.** 1958. Environmental conditioning of flax. Nature (London) 181, 928.
5. **FAO/IAEA.** 1971. Report on the Sixth FAO/IAEA Research Coordination Meeting on the use of Induced Mutations in Rice Breeding. UPCA Los Banos, Philippines.
6. **Heslot, H.** 1965. The nature of mutations. The use of induced mutations in plant breeding. Rep. FAO/IAEA Tech. Meeting Rome, 1964, Pergamon Press, Oxford, 3.
7. **IAEA.** 1977. Manual on mutation breeding. 218.
8. **Ismachin, M. dan Hendratno.** 1972. Proyek *Mutation Breeding* Batan. Pemuliaan Mutasi, Batan, 30.
9. **Ismachin, M.** 1972. Frekwensi mutasi pada malai-malai padi varietas Early Cesarot. Majalah Batan 5(4) 11.
10. **Ismachin, M. and Mugiono.** 1976. Fast neutron irradiation for induced mutation in rice. Regional Seminar on the Utilization of Research Reactors, Bandung. (Unpublished).
11. **Ismachin, M., Mugiono dan Riyanti, A.M.** 1977. Hasil-hasil yang dicapai dengan mutasi buatan pada tanaman padi. Simposium Ilmu Pemuliaan dalam Bidang Pertanian Pertama, Bandung. Jilid III.
12. **Ismachin, M.** 1983. Sifat genjah mutan padi varietas Pelita I/1 dan IR5. Disertasi, Fakultas Pasca Sarjana IPB.
13. **Ismachin, M. and Mugiono.** 1984. Possible variability in rice protein caused by environmental conditions. Cereal Grain Protein Improvement, IAEA, 71.
14. **Mikaelsen, K., Sajo, Z. and Simon, J.** 1971. An early maturing mutant: its value in breeding for disease resistance in rice. Rice Breeding with Induced Mutations III, IAEA, 97.

15. **Mugiono, P.S., Heinrichs, E.A. and Medrano, S.G. 1984.** Resistance of Indonesian mutant lines to the brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* Stall. IRRN 9(5): 8.
16. **Nicol, H. 1930.** Early Chinese record of a mutation in rice, *In* : Hereditas 55 (1966) 313.
17. **Osone, K. 1963.** Studies on the developmental mechanism of mutated cells induced in irradiated rice seeds. Jap. J. Breed., 13.
18. **Riyanti, A.M. 1970.** Radiosensitivitas beberapa varietas padi di Indonesia. Simp. III. Aplikasi Radioisotop, Batan.
19. **Sax, K. 1962.** Aspects of aging in plants. Ann. Rev. Pl. Physiol. 13, 489.
20. **Siwi, B.H. 1973.** Pengaruh radiasi sinar gamma (Co-60) terhadap beberapa varietas padi di Indonesia. Hasil-hasil Simposium I, Aplikasi Radioisotop. BATAN, 226.