

## Perkembangan Pemuliaan Gandum di Indonesia

Amin Nur, Muh. Azrai, Herman Subagio<sup>1</sup>, Soeranto<sup>2</sup>, Ragapadmi, Sustiprajitno<sup>3</sup>, dan Trikoesoemaningtyas<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Balai Penelitian Tanaman Serealia

Jl. Dr. Ratulangi No. 274, Maros, Sulawesi Selatan

Email: nuramin02@yahoo.com; iceriamin76@gmail.com

<sup>2</sup>Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (Batan), Pasar Jum'at, Jakarta

<sup>3</sup>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian

<sup>4</sup>Institut Pertanian Bogor

---

Naskah diterima 28 Agustus 2013 dan disetujui diterbitkan 6 November 2013

---

### ABSTRACT

**Progress in Wheat Breeding in Indonesia.** As a tropical country, Indonesia certainly is not the most suitable place for producing wheat. Wheat flour consumption however, had increased tremendously during the last three decades, that import of wheat grain in 2012 reached 7.2 million ton. Producing wheat had been attempted since 1990's, utilizing lands at high elevation with drier climate. However, crops competition, especially with the high land vegetables, had put wheat cropping become prohibitive. As early as in 1880, G Wallace experimented of growing wheat in the high land of Timor island. However the crop was never economically established. Selection for genotypes and varieties of wheat for the tropical area had been attempted since 1980's, and adaptable varieties to the high land had been released, but farmers did not adopt the crop on their cropping system. Breeding research to develop tropical wheat varieties was revived in 2009. By using the modern breeding techniques, including biotechnology, cellular somatic mutation, as well as applying the conventional breeding techniques, varieties adaptable to the lowland tropics are expected to be identified.

Keywords: Wheat, tropics, variety, adaptation.

### ABSTRAK

Indonesia sebagai negara di wilayah tropis memang bukan merupakan penghasil gandum. Akan tetapi konsumsi tepung gandum (terigu) dalam tiga dasa warsa terakhir telah meningkat tajam, sehingga pada tahun 2012 Indonesia harus mengimpor 7,2 juta ton gandum. Upaya memproduksi gandum di dalam negeri telah dicoba sejak tahun 1990an pada lahan di dataran tinggi yang iklimnya relatif kering. Akan tetapi kompetisi dengan tanaman sayuran dataran tinggi, menempatkan terigu pada posisi yang tidak memberikan peluang untuk berkembang. Pada akhir abad 19, seorang ahli Belanda, G. Wallace, memperkenalkan gandum di dataran tinggi pulau Timor, akan tetapi, gandum tidak pernah menjadi komponen usahatani rakyat setempat. Seleksi terhadap galur asal introduksi dilakukan sejak tahun 1980an, dan varietas unggul untuk dataran tinggi tropis telah dapat dilepas. Namun varietas unggul yang dilepas tersebut tidak diadopsi oleh petani. Program pemuliaan untuk merakit varietas gandum adaptif terhadap wilayah tropis dihidupkan kembali sejak tahun 2009. Melalui konsorsium penelitian, melibatkan peneliti bioteknologi dan mutasi tingkat seluler digabungkan dengan teknik pemuliaan konvensional, diharapkan varietas gandum yang sesuai untuk tanam di dataran rendah tropis dapat diperoleh.

Kata kunci: Gandum, tropis, varietas, adaptasi.

## PENDAHULUAN

Gandum (*Triticum aestivum*) sebagai tanaman subtropik telah menjadi pangan alternatif di negara-negara tropis. Hal ini terlihat dari volume impor biji dan tepung gandum yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Impor biji gandum pada tahun 2011 mencapai 6,20 juta ton dan meningkat pada tahun 2012 menjadi 7,2 juta ton (USDA 2012). Impor tepung gandum pada tahun 2011 mencapai 680.100 ton dari kebutuhan tepung terigu nasional 4,7 juta ton, dan kebutuhan pada tahun 2012 meningkat 6% (APTINDO 2012). Hingga tahun 2012, Indonesia merupakan negara importir gandum ketiga terbesar di dunia setelah Mesir dan Uni Eropa.

Untuk mengurangi ketergantungan impor perlu dikembangkan budi daya gandum di Indonesia, terutama di dataran tinggi. Hingga kini pengembangan gandum di dataran tinggi masih menghadapi kendala, yakni nilai kompetitif yang lebih kecil dibanding tanaman yang lain seperti komoditas hortikultura, walaupun hasilnya mencapai 5,5 t/ha biji kering pada kadar air 15%.

Dari arsip laporan perjalanan, pada sekitar tahun 1880, G. Wallace, seorang ahli biologi Belanda mengintroduksi tanaman gandum ke dataran tinggi pulau Timor. Wilayah tersebut iklimnya lebih kering (kelembaban udara relatif rendah), dan memperoleh angin yang membawa udara dingin dari daratan Australia. Kombinasi kelembaban udara rendah dan suhu rendah, ditunjang oleh kelembaban tanah yang cukup merupakan lingkungan yang cocok untuk memproduksi gandum. Walaupun tanaman gandum cocok untuk diproduksi di dataran tinggi Timor, namun nyatanya gandum tidak pernah menjadi tanaman penting disana.

Tanaman gandum belum mendapat prioritas utama dalam pengembangannya. Namun penelitian rintisan untuk menghasilkan varietas gandum yang adaptif di lingkungan tropis terus dilakukan. Dalam tulisan ini diinformasikan kondisi gandum di Indonesia, penelitian yang telah dilakukan, dan pengembangan gandum ke depan.

## AWAL MULA GANDUM MASUK KE INDONESIA

Masuknya komoditas gandum ke Indonesia sudah berlangsung jauh sebelum masa kemerdekaan. Para pedagang atau saudagar membawanya dari Timur Tengah, Afrika, dan Australia. Biji-bijian gandum dibutuhkan sebagai bahan baku mie dan produk makanan olahan lainnya. Pascakemerdekaan, gandum masih harus didatangkan dari luar negeri, terutama Australia karena lebih dekat dan lebih murah. Pada tahun 1969 pemerintah Amerika Serikat mencanangkan program PL (*public law*)

Nomor 480 atau disingkat PL480. Kebijakan PL480 merupakan kebijakan pemerintah Amerika Serikat untuk memberikan bantuan pangan kepada negara-negara berkembang melalui berbagai pendekatan seperti *Government to Government* atau G to G, hibah (berupa *humanitarian food needs*), dan kredit konsesional. Tujuan program tersebut adalah untuk membantu pemerintah Orba yang baru terbentuk (Pelita I) di bidang pangan. Bantuan pangan tersebut termasuk kategori jangka panjang yang sekaligus menjadi bagian dari paket bantuan luar negeri berupa hibah. Indonesia saat itu mengalami kesulitan dalam mengembangkan program diversifikasi pangan. Harga beras yang cukup tinggi di pasaran internasional berisiko tinggi apabila harus memprioritaskan impor beras.

Gandum justru menjadi komoditas pangan yang populer setelah beras. Pada saat itu belum dipikirkan kemungkinan pengembangan gandum di dalam negeri. Masuknya biji gandum impor secara besar-besaran menyebabkan Indonesia bergantung pada impor di masa depan. Seiring dengan berjalannya waktu, Amerika menghentikan hibah gandum ke Indonesia. Penghentian tersebut telah sesuai dengan kesepakatan yang tercantum dalam PL 480. Untuk memenuhi kebutuhan gandum di dalam negeri dilakukan impor dari Australia dan Amerika.

## PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN GANDUM

### Penelitian Gandum di Indonesia

Penelitian telah dilakukan untuk memperoleh varietas gandum yang sesuai untuk daerah tropis, termasuk Indonesia. Lingkungan tropis didefinisikan sebagai daerah dengan musim dingin yang pendek, hanya 11-12,5 jam dan temperatur tinggi. Temperatur rata-rata pada bulan terdingin berkisar antara 15-25°C (Kohli *et al.* 1991). Di daerah ini hasil gandum dapat mencapai 2,5 t/ha, bahkan dengan pengairan, penumpukan, dan pemeliharaan yang sesuai mampu memberikan hasil 5 t/ha (Saunders 1998).

Evaluasi terhadap 47 galur gandum di dataran tinggi Malino, Sulawesi Selatan (1500 m dpl), dataran sedang Bantaeng, Sulawesi Selatan (800 m dpl), dan dataran rendah Malang, Jawa Timur (325 m dpl) menunjukkan penurunan hasil dari dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah. Hasil dari 47 galur yang dievaluasi masing-masing 5,05 t/ha di Bantaeng dan 0,37 t/ha di Malang (Tabel 1).

Hasil varietas Nias termasuk stabil di ketiga lokasi. Masalah yang dihadapi di dataran sedang dan rendah adalah penyakit busuk akar (*Sclerotium* sp). Galur yang memberikan hasil yang baik di ketiga lokasi adalah KAUZ/WEAVER masing-masing 5,79 t/ha di Malino, 1,75 t/ha

Tabel 1. Hasil biji, peringkat, dan hasil relatif terhadap varietas Nias dan galur-galur yang berhasil baik di Malino, Bantaeng, dan Jambegede (Malang), MK 2002.

Persilangan	Hasil biji (t/ha)			Peringkat			Rel hasil terhadap Nias (%)		
	Malino Sulse	Bantaeng Sulse	Jambegede Jawa Timur	Malino Sulse	Bantaeng Sulse	Jambegede Jawa Timur	Malino Sulse	Bantaeng Sulse	Jambegede Jawa Timur
KAUZ*2/BOW/KAUZ (1)	5,84**	1,28 <sup>tn</sup>	0,36 <sup>tn</sup>	1	41	24	114,5	74,4	90,0
PSN/BOW//SITTA/3/RDWG	5,80**	1,34 <sup>tn</sup>	0,52 <sup>tn</sup>	2	37	8	113,9	77,9	130,0
DEBEIRA	5,81**	1,44 <sup>tn</sup>	0,47 <sup>tn</sup>	3	31	13	113,9	83,7	117,5
KAUZ/WEAVER	5,79*	1,75 <sup>tn</sup>	0,56 <sup>tn</sup>	4	10	5	113,5	101,7	140,0
CAZO/KAUZ//KAUZ	5,72*	1,65 <sup>tn</sup>	0,59 <sup>tn</sup>	5	20	4	112,2	95,9	147,5
TAM 200/TUI	5,67*	1,51 <sup>tn</sup>	-	6	28	47	111,2	87,8	-
HAHN/2*WEAVER	5,65*	1,43 <sup>tn</sup>	0,42 <sup>tn</sup>	7	33	16	110,8	83,1	105,0
PEAU/WEAVER	5,63*	1,61 <sup>tn</sup>	0,51 <sup>tn</sup>	8	22	9	110,4	93,6	127,5
BAW898	3,28*	2,54**	0,36 <sup>tn</sup>	47	1	26	64,3	147,7	90,0
RABE/2*MO88	4,55*	2,19 <sup>tn</sup>	0,41 <sup>tn</sup>	34	2	18	89,2	127,3	102,5
OAS62/ALDAN//2*SKAUZ	4,98 <sup>tn</sup>	2,02 <sup>tn</sup>	0,24 <sup>tn</sup>	25	3	39	97,6	117,4	60,0
VEE/PJN//2*TUI	5,24 <sup>tn</sup>	1,92 <sup>tn</sup>	0,42 <sup>tn</sup>	15	4	17	102,7	111,6	105,0
KAUZ*2/BOW//KAUZ (2)	5,19 <sup>tn</sup>	1,74 <sup>tn</sup>	0,81**	19	14	1	101,8	101,2	202,5
LAJ3302/2*MO88	4,93 <sup>tn</sup>	1,63 <sup>tn</sup>	0,65*	27	21	2	96,7	94,8	162,5
DWR162	4,96 <sup>tn</sup>	1,58 <sup>tn</sup>	0,64*	26	24	3	97,3	91,9	160,0
Nias (pembanding)	5,10	1,72	0,40	22	17	19	100	100	100
Rata-rata	5,05	1,58	0,37						
Hasil minimum	3,28	0,95	0,12						
Hasil Maksimum	5,84	2,54	0,81						

\* dan \*\*: Nyata berbeda dari hasil var. Nias pada taraf BNT 0,05 dan taraf BNT 0,01;  
 -Nyata berbeda dari hasil var. Nias pada taraf BNT 0,05 (hasil lebih rendah dari Nias);  
 - - Nyata berbeda dari hasil var. Nias pada taraf BNT 0,01 (hasil lebih rendah dari Nias);  
 tnTidak berbeda nyata dari var. Nias pada taraf BNT 0,05.  
 Sumber: Singgih (2002)

di Bantaeng, dan 0,56 t/ha di Jambegede. Kandungan protein galur ini adalah 14,6%, lebih tinggi dari Nias (12,9%), Selayar (13,6%), dan Dewata (14,0%). Di Malino ada delapan galur yang hasilnya lebih tinggi, 10-15% di atas varietas Nias. Namun di dataran sedang hanya satu galur yang hasilnya lebih tinggi dari Nias yaitu BAW898 yang mencapai 2,5 t/ha, 49% di atas hasil varietas Nias. Hasil galur ini di Malino 3,28 t/ha.

### Pengembangan Gandum

Program penelitian gandum di Indonesia dimulai pada tahun 1969, namun waktu itu belum intensif. Selanjutnya pada tahun 1981 penelitian lebih intensif, dan akhirnya mulai dimasukkan ke dalam program pemuliaan sejak 1985 dengan mengevaluasi galur gandum introduksi dan seleksi populasi bersegregasi (Kusmana dan Subandi 1985, Gayatri *et al.* 1989, dan Dasmal *et al.* 1995). Kegiatan ini berlanjut yang kemudian dilepas dua varietas gandum yang masing-masing diberi nama Timor dan Nias pada tahun 1993. Hasil penelitian memperlihatkan gandum dataran tinggi menghasilkan lebih dari 3 t/ha.

Penelitian selanjutnya adalah uji multilokasi beberapa genotipe introduksi dari India dan CIMMYT (International

Maize and Wheat Improvement Center) oleh beberapa lembaga penelitian dan perguruan tinggi. Pada 2003 telah dilepas dua varietas gandum, yaitu Selayar dan Dewata. Varietas Selayar berasal dari galur HAHN/2\*WEAVER introduksi dari CIMMYT dan varietas Dewata berasal dari galur DWR 162 introduksi dari India (Dahlan *et al.* 2003).

Pengembangan gandum di Indonesia pernah diinisiasi oleh Departemen Pertanian, Seameo-Biotrop dan PT. Bogasari Flours Mills, dikenal sebagai *Gandum 2000*. Penelitian pengembangan ini dilakukan pada empat elevasi yaitu > 1.000 m dpl (Tosari-Pasuruan Jawa Timur), 800 m dpl (Nongkojajar-Pasuruan Jawa Timur), 300 m dpl (Seameo-Biotrop Bogor), dan > 100 m dpl (Mojosari-Jawa Timur) (Handoko 2007). Materi yang digunakan diintroduksi dari India, yaitu DWR-162. Dalam program pemuliaan, materi genetik ini dirancang untuk toleran suhu tinggi (*heat toleran*) dan merupakan cikal bakal varietas Dewata yang dilepas pada tahun 2003. Selanjutnya, pengembangan gandum di Indonesia dimulai setelah dilepas dua varietas pada tahun 2003, yaitu Selayar dan Dewata.

Pada tahun 2004 Departemen Pertanian mencoba mengembangkan gandum di delapan propinsi di Indonesia seluas 150 ha, dan pada tahun 2005 pengembangan gandum diperluas menjadi 250 ha. Pengembangan

gandum pada tsaat itu dikenal dengan program *Gandum Berkibar*. Namun sejak tahun 2006 program *Gandum berkibar* tidak berlanjut, sehingga areal pertanaman gandum menurun setiap tahun. Setelah pelepasan dua varietas gandum pada tahun 2003, penelitian yang mengarah ke perbaikan varietas melalui program pemuliaan terhenti hingga 2008. Kegiatan yang berkaitan dengan pemuliaan gandum hanya untuk rejuvinasi plasma nutfah agar tidak musnah.

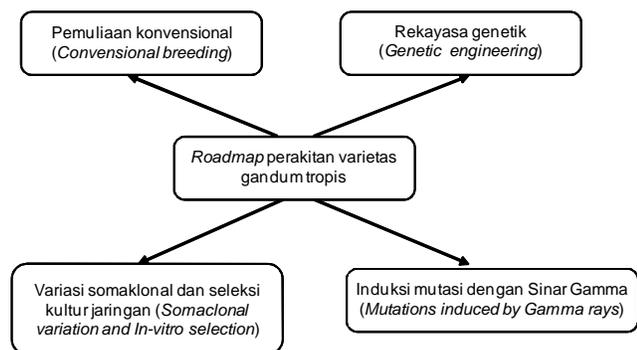
Pada tahun 2010 Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perekonomian dan Universitas Andalas merintis kerja sama dengan Pemerintah Slovakia dalam pengembangan gandum tropis di Indonesia. Program ini direncanakan hingga tahun 2014 dengan pencanangan program nasional *Gernas Gandum Indonesia*.

### PEMULIAAN GANDUM KE DEPAN

Pemuliaan gandum bangkit kembali pada tahun 2009 atas prakarsa Badan Litbang Pertanian yang melihat fenomena impor gandum yang terus meningkat yang menembus angka 5,39 juta ton. Sebenarnya, gandum dapat dikembangkan di Indonesia. Pada tahun 2009 dibentuk *Konsorsium Nasional Gandum* yang melibatkan berbagai institusi (Badan Litbang Pertanian, PATIR-BATAN, UKSW, dan IPB) di bawah koordinasi Badan Litbang Pertanian. Konsorsium ini bertujuan untuk merakit varietas gandum tropis melalui berbagai metode ilmiah. Roadmap *Konsorsium Gandum Nasional* disajikan pada Gambar 1.

Pengembangan gandum di Indonesia, dihadapkan pada beberapa tantangan karena:

1. Gandum bukan tanaman asli Indonesia dan berasal dari lingkungan subtropis
2. Lingkungan tumbuh di Indonesia termasuk tropis, membutuhkan adaptasi yang cukup lama untuk menilai penampilan dan potensi hasil gandum.
3. Konstitusi genetik gandum bervariasi mulai dari diploid hingga hexaploid.



Gambar 1. Road map penelitian konsorsium gandum nasional.

Tantangan ini memerlukan terobosan baru, terutama dalam program pemuliaan guna mempercepat perakitan varietas gandum di Indonesia, khususnya varietas toleran suhu tinggi. Inovasi dan terobosan yang diperlukan dalam pemuliaan gandum di Indonesia adalah sebagai berikut:

#### 1. Introduksi galur dan pemuliaan konvensional

Perbaikan sifat genetik dan agronomik tanaman dapat dilakukan melalui pemuliaan. Pemuliaan konvensional telah menghasilkan beberapa varietas unggul. Melalui introduksi galur-galur elite dari CIMMYT maupun beberapa negara lain telah dihasilkan tujuh varietas gandum dengan daerah adaptasi pada ketinggian > 1.000 m dpl (Tabel 2). Varietas yang dilepas pada tahun 2012 merupakan hasil dari *Konsorsium Gandum Nasional* dan belum diberi nama resmi seperti varietas yang dilepas sebelumnya.

Untuk mendapatkan varietas unggul baru yang adaptif pada ketinggian < 700 m dpl dan toleran cekaman suhu tinggi perlu perbaikan sifat gandum melalui program pemuliaan. Perbedaan lingkungan subtropik yang merupakan asal tanaman gandum dengan lingkungan tropis, dimana tanaman gandum akan diadaptasikan dan dikembangkan memerlukan penelitian yang komprehensif. Pemuliaan konvensional dapat dilakukan melalui persilangan antarspesies, varietas, genera, atau kerabat yang memiliki sifat yang diinginkan.

Pemuliaan gandum ke depan diarahkan untuk mendapatkan varietas unggul yang toleran suhu tinggi pada ketinggian 500-800 mdpl. Kegiatan yang telah berjalan hingga saat ini adalah mengadaptasikan beberapa varietas/galur gandum dari berbagai negara pada berbagai ketinggian tempat dan agroekosistem yang berbeda. Kegiatan ini juga bertujuan untuk menyeleksi galur/varietas introduksi yang dapat dijadikan sebagai tetua persilangan gandum.

Terdapat dua metode persilangan gandum di dataran rendah, yaitu metode dialel dan *convergen breeding*. Metode dialel bukan bertujuan untuk melihat daya gabung umum dan daya gabung khusus, namun lebih mengarah

Tabel 2. Varietas gandum yang telah dilepas 1993-2012.

Varietas	Tahun pelepasan	Hasil rata-rata (t/ha)*	Umur masak (hari)
Nias	1993	2,0	85-95
Timor	1993	2,0	95-105
Dewata	2003	2,96	129
Selayar	2003	2,95	125
Kauz*2	2012	5,8	133
Cazo	2012	5,6	133
CBD 17	2012	5,4	133

Sumber: Balitsereal (2012).

pada kemampuan bunga jantan untuk membuahi bunga betina. Demikian juga halnya kemampuan bunga betina untuk dibuahi pada kondisi cekaman suhu tinggi. Persilangan *convergent breeding* adalah metode rekombinasi genetik yang bertujuan untuk menghimpun dan memfiksasi gen-gen yang mengendalikan sifat-sifat yang dikehendaki.

**2. Pemuliaan mutasi**

Pemuliaan mutasi dimulai sejak ditemukannya sinar X, gamma, dan neutron sejak 100 tahun yang lalu dan menjadi salah satu teknologi dalam perbaikan sifat utama tanaman (Ahloowalia 2001). Semula, para pemulia tanaman menganggap mutasi induksi merupakan teknik pemuliaan yang kurang meyakinkan. Namun, seiring dengan berkembangnya bioteknologi, keberhasilan regenerasi sel berdasarkan teori *toti potensi sel*, dan terbentuknya variasi somaklonal, mutasi induksi merupakan terobosan dalam pemuliaan tanaman, khususnya bagi tanaman yang berbiak secara vegetatif. Teknik tersebut dapat menunjang perakitan varietas mutan baru.

Penerapan mutasi induksi di Indonesia dimulai pada tahun 1967 setelah berdirinya instalasi sinar Co60 di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN. Program pemuliaan mutasi secara intensif dimulai sejak 1972 dengan bantuan teknik dari International Atomic Energy Agency (IAEA) yang berpusat di Wina (Hendratno dan Mugiono 1996). Kegiatan diarahkan pada perbaikan varietas padi, yakni umur genjah, tahan terhadap patogen, toleran kekeringan, dan kualitas biji disenangi konsumen. Kemudian, kegiatan dilanjutkan pada tanaman palawija, perkebunan, dan hortikultura. Negara penghasil mutan terbanyak disajikan pada Tabel 3.

Jumlah varietas mutan yang dihasilkan di dunia mencapai 2.252 kultivar, 1.585 kultivar diperoleh langsung setelah dimutasi dan diseleksi pada turunan selanjutnya. Jumlah varietas mutan yang dilepas di beberapa kawasan dunia adalah Afrika 48, Asia 1.142, Australia 7, Eropa

Tabel 3. Negara penghasil varietas mutan terbanyak dan telah dilepas sampai Juni 2000.

Negara	Jumlah kultivar mutan yang dilepas	Persentase
Cina	605	26,8
India	259	11,5
USSR + Rusia	210	9,3
Belanda	176	7,8
Amerika Serikat	128	5,7
Jepang	120	5,3

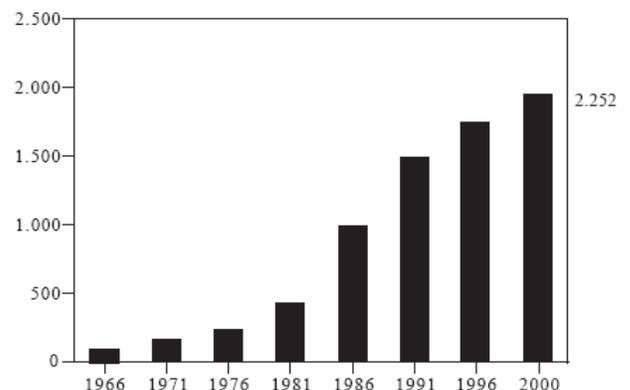
Sumber: Maluszynski *et al.* (2000).

800, Amerika Selatan 48, dan Amerika Utara 160. Hasil mutasi induksi dengan mutagen fisika, kimia, secara *in vivo* dan *in vitro* selama tahun 1996"2000 disajikan pada Gambar 2.

Pemuliaan mutasi gandum pernah dilakukan di laboratorium Brookhaven National, Upton New York, Amerika Serikat, menggunakan biji gandum kadar air 11% dengan sinar X dosis 150"250 Gy sinar-X atau 8,38 x 10<sup>12</sup> Nth/cm<sup>2</sup> Nth. Turunan M2 dianalisis secara kimia dan fisika, dan menghasilkan beberapa mutan yang berbeda sifat klorofilnya (Mugnozza *et al.* 1993). Perbaikan sifat gandum dengan menggunakan irradiasi sinar gamma telah dilakukan di beberapa negara di antaranya Argentina (1 mutan), Chili (1 mutan), Cina (124 mutan), Bulgaria (2 mutan), Finlandia (1 mutan), Jepang (2 mutan), Jerman (2 mutan), Rusia (36 mutan), india (4 mutan), Hongaria (1 mutan), Irak (60 mutan), Italia (2 mutan), Swiss (1 mutan), Mongolia (3 mutan), Amerikan (3 mutan) dan Pakistan (6 mutan). Mutan gandum yang pertama pada tahun 1966 terhadap biji dengan irradiasi sinar X, J, â, laser, neutron cepat, EI, MNH dan sinar gamma memberikan hasil tinggi, umur genjah, toleran suhu dingin, tahan penyakit, tahan rebah, lebih kerdil, dan kualitas biji lebih baik (Cheng *et al.* 1990, Vrinten *et al.* 1999).

**3. Variasi somaklonal melalui teknik in vitro**

Keragaman somaklonal adalah keragaman genetik yang dihasilkan melalui kultur jaringan (Larkin and Scowcroft 1981, Scowcroft *et al.* 1985). Menurut Wattimena (1992), keragaman somaklonal berasal dari keragaman genetik eksplan dan keragaman genetik yang terjadi dalam kultur jaringan. Keragaman pada eksplan disebabkan oleh adanya sel-sel bermutasi maupun polisomik dari jaringan tertentu. Keragaman genetik yang terjadi dalam kultur jaringan disebabkan oleh penggandaan kromosom (fusi endomitosis), perubahan struktur kromosom (pindah



Gambar 2. Varietas mutan yang dilepas di dunia, 1996"2000. Sumber: Maluszynski *et al.* (2000).



Tabel 4. Profil data 13 marka SSR terhadap 55 galur gandum.

Data yang dianalisis	Nilai (rata-rata)	Kisaran
Tingkat polimorfisme	0,15	0,28-0,83
Jumlah alel rata-rata/lokus SSR	3	2-5 alel/lokus SSR
Ukuran basa (bp)	-	125,11-707,78 bp
Koefisien korelasi kofenetik (r)	0,95	-
Estimasi nilai jarak genetic	0,18	0,00-0,92

Sumber: Balitsereal (20120).

Pemanfaatan marka DNA sebagai alat bantu seleksi *Marker Assisted Selection* (MAS) lebih menguntungkan dibandingkan dengan seleksi secara fenotipik. Seleksi dengan bantuan marka molekuler hanya didasarkan pada sifat genetik tanaman, tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Dengan demikian, pemuliaan tanaman menjadi lebih tepat, cepat, dan relatif lebih hemat biaya dan waktu.

Seleksi berdasarkan karakter fenotipik tanaman di lapang memiliki beberapa kelemahan seperti diungkap Lamadji *et al.* (1999), di antaranya (1) memerlukan waktu cukup lama, (2) kesulitan memilih dengan tepat gen-gen yang menjadi target seleksi untuk diekspresikan pada sifat-sifat morfologi atau agronomi, (3) rendahnya frekuensi individu yang diinginkan yang berada dalam populasi seleksi yang besar, dan (4) fenomena pautan gen antara sifat yang diinginkan dengan sifat tidak diinginkan sulit dipisahkan pada saat melakukan persilangan.

Dalam upaya perakitan varietas, kondisi potensi genetik koleksi materi genetik seperti variabilitas genetik koleksi harus diketahui. Balitsereal telah melakukan karakterisasi molekuler berbasis markah SSR. Dari 30 primer yang digunakan, hanya 13 primer yang teramplifikasi. Profil data dari 13 primer SSR terhadap 55 galur/varietas gandum dapat dilihat pada Tabel 4. Tingkat polimorfisme tergolong rendah, hanya 0,15 dengan kisaran 0,04-0,48. Diperoleh rata-rata tiga alel per lokus SSR, berkisar antara 2-5 alel/lokus dengan kisaran basa 125,11-707,78 bp. Data tersebut menunjukkan keragaman genetik 55 galur/varietas yang dianalisis rendah (Gambar 3).

Ke-55 galur/varietas gandum yang dikarakterisasi membentuk dua klaster. Klaster pertama diberi inisial klaster A yang terdiri atas 54 galur/varietas dengan koefisien kemiripan 0,69–1,00. Klaster kedua dengan inisial klaster B yang hanya terdapat satu galur, yaitu VEE/PJN/2\*TUI, dengan koefisien kemiripan 0,12. Data tersebut menunjukkan bahwa dari total 55 galur/varietas gandum yang dikarakterisasi, 54 galur yang berada pada klaster A menunjukkan kekerabatan yang sangat tinggi antara satu dengan yang lain, tetapi kekerabatannya sangat jauh dengan galur yang berada pada klaster B (Balitser 2012).

## 5. Rekayasa genetik

Sejak berkembangnya bioteknologi, perbaikan sifat genetik gandum berkembang pesat, salah satunya melalui rekayasa genetik. Gandum transgenik fertil yang pertama didapatkan adalah melalui teknik penembakan partikel (Vasil *et al.* 1992, Vasil *et al.* 1993, Weeks *et al.* 1993, Nehra *et al.* 1994, Becker *et al.* 1994).

Dengan berkembangnya transformasi melalui *A. tumefaciens*, transformasi gandum dilakukan dengan teknik tersebut karena mempunyai perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan penembakan partikel, di antaranya dapat memperkecil *copy number*, integritas stabil, lebih sedikit mengalami *rearrangement* molekul DNA, dan mempunyai kemampuan untuk mendapatkan galur bebas marker seleksi (Jones 2005, Cheng *et al.* 2004, Smith and Hood 1995, Dai *et al.* 2001, Travella *et al.* 2005).

Gen *DREB1A* telah diintroduksi pada gandum dengan promotor *rd29B* yang mempunyai kemampuan respon efektif terhadap kekeringan, dimana 10 gandum transgenik dari 16 yang dianalisis mempunyai kandungan prolin dua kali lipat dibandingkan dengan nontransgenik. Gen *DREB1A* dengan promotor *rd29A* dapat mengekspresikan toleransi terhadap kekeringan, salinitas, dan suhu dingin. (Wang *et al.* 2006). Gen *DREB2A* yang dikloning terhadap homolog tanaman jagung (*ZmDREB2A*) selain mengekspresikan respon dehidrasi, suhu dingin dan salinitas, juga dapat merespon toleran suhu tinggi (*heat tolerance*).

## KESIMPULAN

1. Pengembangan gandum di Indonesia selama ini tidak didasari oleh penelitian yang sistematis karena tanaman ini belum mendapat prioritas dalam penelitian dan pengembangan seperti padi, jagung, dan kedelai.
2. Beberapa lembaga penelitian di Indonesia, termasuk Badan Litbang Pertanian, telah menghasilkan beberapa varietas gandum yang dapat dikembangkan di dataran tinggi (> 1.000 m dpl) dengan hasil 2,0-5,8 t/ha.
3. Penelitian gandum ke depan diharapkan dapat menghasilkan varietas yang adaptif pada dataran menengah dan rendah dengan potensi hasil tinggi sehingga mampu bersaing dengan tanaman lain di dataran rendah-sedang.
4. Penelitian bioteknologi dan rekayasa genetik diharapkan menjadi terobosan dalam menghasilkan varietas unggul gandum tropis yang dapat dikembangkan di dataran rendah-sedang di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahloowalia, B.S. 1990. In vitro radiation induced mutagenesis in potato. Kluwer Acad Pub. Dordrech. p.39-46.
- Ahlowalia, B.S. 1986. Limitations to the use of somaclonal variation in crop improvement. *In Semal, J. (Ed.) Somaclonal variation and crop improvement.* Martinus Nijhoff Publisher, Dordrecht. p. 14-27.
- Ahlowalia, B.S. and M. Maluszynski. 2001. Induced mutation: a new paradigm in plant breeding. *Euphytica* 118:167-173.
- Balitsereal (Balai Penelitian Tanaman Serealia). 2012. Highlight Balai Penelitian Tanaman Serealia, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Becker, D., R. Brettschneider, and H. Lorz. 1994. Fertile transgenic wheat from microprojectile bombardment of scutellar tissue. *Plant J.* 5:299-307.
- Bhatnagar, P.S. and S.P. Tiwari. 1991. Soybean improvement through mutation breeding in India Vol. I. IAEA:381-391.
- Broertjes, C. 1982. Interessante ontuierle kilingen in sortiment steptocarpus. *Valkbl. Bloemistry* 10:36-37.
- Cheng, M., B.A. Lowe, T.M. Spencer, X.D. Ye, and C.L. Armstrong. 2004. Factors influencing *Agrobacterium*-mediated transformation of monocotyledonous species. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant* 40:31-45.
- Cheng, X.Y., M.W. Gao, Z.Q. Liang, and K.Z. Liu. 1990. Effect of mutagenic treatments on somaclonal variation in wheat (*Triticum aestivum*). *Plant Breeding* 105:47-52.
- Dahlan, M., Rudijanto, J. Murdianto, dan M. Yusuf. 2003. Usulan pelepasan varietas gandum. Balai Penelitian Tanaman Serealia dan pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Dai, S.H., P. Zheng, P. Marmey, S.P. Zhang, W.Z. Tian, S.Y. Chen, R.N. Beachy, and C. Fauquet. 2001. Comparative analysis of transgenic rice plants obtained by *Agrobacterium*-mediated transformation and particle bombardment. *Mol. Breed.*:25-33.
- Dasmal, M. Yusuf, dan Jumharnas. 1995. Keragaman genetik dan potensi hasil galur-galur terigu introduksi. Risalah Seminar Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukarami.
- Daud, M.E. 1996. Tissue culture and the selection of resistance to payhogens. *Annual Review of Phytopathology* 24:159-186.
- Evans, D.A. and W.R. Sharp. 1986. Somaclonal and gametoclonal. *In: Evans, D.A., W.R. Sharp, and P.V. Ammirato (Eds.). Hand Book of Plant Cell Culture* Vol. 4 McMillan Publ. Co., New York. p.87-132.
- Gayatri, B., Subandi, Sutjihno, dan R. Kusuma. 1989. Risalah seminar hasil penelitian tanaman pangan. Ballitan Bogor 1:108-114.
- Handoko. 2007. Gandum 2000 "Penelitian dan Pengembangan Gandum Di Indonesia. Seameo-Biotrop, Bogor, Indonesia.
- Hendratno and Mugiono. 1996. Present status of plant mutation breeding in Indonesia plan mutation breeding in Asia. *Proc. Oh Plant Mutation Breeding Seminar.* Beijing p. 21-37.
- Jones, H.D. 2005. Wheat transformation: current technology and applications to grain development and composition. *J. Cereal Sci.* 41:137-147.
- Kohli, M.M., C.E. Mann, and S. Rajaram. 1991. Global status and recent progress in breeding whet for the warmer areas. *In: D.A. Saunders (Eds.). Wheat for Nontradisional Warm Areas.* Mexico. pp.96-112.
- Kusmana, R. dan Subandi. 1985. Penelitian pemuliaan terigu 1973-1984 di Balittan Bogor. *Dalam: Subandi et al. (Eds.). Risalah Rapat Teknis dari Hasil Penelitian Jagung, Sorgum, dan Terigu.* Puslitbangtan Bogor. p. 203-207.
- Lamadji, S., L. Hakim, dan Rustidja. 1999. Akselarası pertanian tangguh melalui pemuliaan non-konvensional. *Dalam: Prosiding Simposium V Pemuliaan Tanaman.* PERIPI Komda Jawa Timur (Ashari *et al., eds.*): 28-32.
- Larkin, P.J. and W.R. Scowcroft. 1981. Somaclonal variant, a novel source of variability from cell culture improvement. *Theor. Appl. Genet.* 60:197-214.
- Linaceru, R. and AM. Vazquez. 1992. Cytogenetic variation in rye regenerated plants and their progeny. *Genome* 35:428-430.
- Maluszynski, M, K. Nichterlein, L.V. Zanten, and B.S. Ahloowalia. 2000. Officially released mutants varieties. The FAO/IAEA database. *Mutation Breeding Newsl.* 12:1-83.
- Micke, A., B. Donini, and M. Maluszynski. 1993. Les mutation induites en amelioration des plantes. *Mutation Breeding Rev.* 9:1-44.
- Nehra, N.S., R.N. Chibbar, N. Leung, K. Caswell, C. Mallard, L. Steinhauer, M. Baga, and K.K. Kartha. 1994. Self-fertile transgenic wheat plants regenerated from isolated scutellar tissues following microprojectile bombardment with 2 distinct gene constructs. *Plant J.* 5:285-297.

- Saunders, D.A. 1998. Charaterizzation of tropical wheat environments: Identification of production constrains and progress achieved: South and Sountheast Asia. *In: Klatt, A.R. (Eds.): Wheat production Constraints in tropical Enviroments, Mexico.D.F. CIMMYT. p.12-26.*
- Scowcroft, W.R., S.A. Ryan, R.L.S. Brettle, and P.J. Larkin. 1985. Somaclonal variation in crop improvement. Proc. Inter-Centre Seminar on International Agricultural Research Centre (IARCs) and Biotechnology. Biotechnology in International Agricultural Research. Los Banos Manila. April 23-27, 1984. p. 99-109.
- Singgih S, Hamdani M, Dahlan M. 2002. Adaptasi Galur Gandum di Dataran Tinggi, Sedang dan Rendah. *In press.*
- Smith, R.H. and E.E. Hood. 1995. *Agrobacterium-tumefaciens* transformation of monocotyledons. *Crop Sci.* 35:301-309.
- Starys, V. 1992. Celluler genome stability and variability of plants *in vitro*. *Eksperimentine Biologija* 3-4:52.
- Travella, S., S.M. Ross, J. Harden, C. Everett, J.W. Snape, and W.A. Harwood. 2005. A comparison of transgenic barley lines produced by particle bombardment and *Agrobacterium*-mediated techniques. *Plant Cell Reports* 23:780-789.
- Vasil, V., A.M. Castillo, M.E. Fromm, and I.K. Vasil. 1992. Herbicide resistant fertile transgenic wheat plants obtained by microprojectile bombardment of regenerable embryogenic callus. *Bio-Technology* 10:67-674.
- Vasil, V., V. Srivastava, A.M. Castillo, M.E. Fromm, and I.K. Vasil. 1993. Rapid production of transgenic wheat plants by direct bombardment of cultured immature embryos. *Bio-Technology* 11:1553-1558.
- Van Harten, A.M. 1998. Mutation breeding, theory and practical application. Press. Syndicate of the Univ. of Cambridge UK. 243p, 353 p.
- Vrinten, P., T. Nakamura, and M. Yamamori. 1999. Molecular characterization of waxy mutations in wheat. *Mol. Gen. Genet.* 26:463-471.
- Wang, J.W., F.P. Yang, X.Q. Chen, R.Q. Liang, L.Q. Zhang, D.M. Geng, X.D. Zhang, Y.Z. Song, and G.S. Zhang. 2006. Induced expression of *DREB* transcriptional factor and study on its physiological effects of drought tolerance in transgenic wheat. *Acta Genetica Sinica* 33(5): 468-476.
- Wattimena, G.A. 1992. Bioteknologi tanaman. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas IPB. Bogor. 308p.
- Weeks, J.T., O.D. Anderson, and A.E. Blechl. 1993. Rapid production of multiple independent lines of fertile transgenic wheat (*Triticum aestivum*). *Plant Physiol.* 102:1077-1084.