

Karakterisasi Morfologi, Anatomi dan Fisiologi Galur Mutan Gandum yang Ditanam di Dataran Rendah Tropik

Characterization of Wheat Mutan Lines Grown in the Tropical Low Altitude Land

Laela Sari¹, Agus Purwito², Didy Sopandie², Ragapadmi Purnamaningsih³, dan Enny Sudarmonowati¹

¹Pusat Penelitian Bioteknologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: laelasari@yahoo.com dan apurwito@yahoo.com

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia

³Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian
Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor, Indonesia

Naskah diterima 18 September 2014, direvisi 27 November 2015, disetujui 4 Januari 2016

ABSTRACT

*Characterization of mutant wheat (*Triticum aestivum* L.) lines is a step on the breeding program to determine the beneficial characters for increasing the productivity in tropical lowland. The aim of this research was to obtain information on the variability of morphological, anatomical, and physiological characters that could be used as selection criteria and to obtain adaptive mutant lines of "Alibey" in tropical low altitude land. Research was conducted at the Experimental Farm of SEAMEO-BIOTROP in Bogor 250 m above sea level, from April to December 2013. Mutant lines of "Alibey" consisted of 16 M3 mutants resulted from treatments of EMS. LC50 of "Alibey" at 0.1% EMS for 60 minutes. Results showed that the mutant lines changed their morphological traits significantly, as indicated by the four characters i.e. long stem panicle (8 mutants), grain weight/panicle (1 mutant), weight of 100 seeds (4 mutants) and seed weight/plant (9 mutants). However, the mutant had no significant effect on the nine other characters, including: time of flowering, days to maturing, panicle length, plant height, number of tillers, panicle number, and leaf area. Anatomical characters namely leaf thickness and stomata size showed different values between "Alibey" mutant (AB-0.1.60-1-7-1) and the original Alibey. For the physiological characters there were significant differences among mutants with respect to the amount of proline and glucose levels. Proline level in the control plant was 4.15 ug/g BB, while that in mutant "AB-0.1.60-3-16-1" was 263.47 ug/g BB, and that in "AB-0.1.60-3-3-2" was 235.90 ug/g BB. Likewise, glucose level in control was 132.88 mg/ml, while in mutant "AB-0.1.60-3-16-1" was 181.48 mg/ml, and that in "AB-0.1.60-3-3-2" was 287.41 mg/ml. "Alibey" mutants should be selected based on two characters i.e. stem panicle length and seed weight/plant. Correlation analysis between panicle number and all other characters were not significant. Plant height significantly affected the grain weight/panicle and the grain weight/plant. It is expected that some of the mutants are adaptable to the tropical lowlands, so that the diversity of wheat germplasm in Indonesia is increased.*

Keywords: wheat, mutant "Alibey", EMS, tropical lowland.

ABSTRAK

Informasi karakter mutan gandum diperlukan untuk mengetahui sifat unggul mutan dalam program pemuliaan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kriteria seleksi untuk mendapatkan mutan unggul berasal dari tanaman gandum varietas Alibey yang adaptif di dataran rendah. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan SEAMEO-BIOTROP Bogor (\pm 250 m dpl) dari bulan April 2013 sampai Desember 2013. Materi yang diteliti terdiri atas 16 galur mutan generasi M3 dari perlakuan EMS terhadap varietas Alibey dan varietas Alibey sebagai pembanding. Data diolah menggunakan rancangan pembesaran dan analisis korelasi. Hasil penelitian menunjukkan mutan Alibey berbeda nyata dengan varietas pembanding untuk peubah panjang tangkai malai (8 mutan), bobot biji/malai (1 mutan), bobot 100 biji (4 mutan) dan bobot biji/tanaman (9 mutan). Peubah waktu berbunga, gabah masak/panen, panjang malai, tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah malai, dan luas daun tidak berbeda nyata dibanding mutan Alibey. Penampilan karakter anatomi termasuk ketebalan daun dan ukuran stomata memperlihatkan perbedaan nyata antara tanaman Alibey mutan (AB-0.1.60-1-7-1) dan pembanding. Karakter fisiologi menunjukkan perbedaan yang nyata antara mutan dengan pembanding pada jumlah prolin, yaitu pembanding (4,15 ug/gBB), mutan AB-0.1.60-3-16-1 (263,47 ug/gBB), AB-0.1.60-3-3-2 (235,90 ug/gBB) dan memiliki kadar glukosa yang berbeda yaitu pembanding (132,88 mg/ml), mutan AB-0.1.60-3-16-1 (181,48 mg/ml), AB-0.1.60-3-3-2 (287,41 mg/ml). Mutan Alibey dapat diseleksi berdasarkan karakter panjang tangkai malai (PTM) dan bobot biji/tanaman (BBT). Kedua karakter tersebut menghasilkan lebih banyak mutan dibanding karakter lainnya. Analisis korelasi PTM dan JM pada semua karakter tidak nyata, sedangkan tinggi tanaman berkorelasi nyata dengan bobot biji/malai dan bobot biji/tanaman. Diharapkan beberapa mutan yang dihasilkan dapat beradaptasi di dataran rendah tropis, sehingga menambah keragaman sumber daya genetik gandum di Indonesia untuk adaptasi di dataran rendah.

Kata kunci: gandum, mutan Alibey, dataran rendah tropis.

PENDAHULUAN

Gandum merupakan tanaman subtropik, tetapi dapat dibudidayakan di Indonesia. Tanaman gandum pertama yang datang ke Indonesia ditanam pada areal terbatas di pegunungan di Jawa dan Timor. Namun karena iklim di Indonesia tidak sesuai untuk pertumbuhan gandum dan pengembangan gandum tidak menjadi prioritas, maka tanaman gandum belum pernah berkembang (Wiyono 1980). Di sisi lain, gandum adalah makanan pokok lebih dari hampir sepertiga populasi dunia (Poerter 2005, Shewry 2009). Varietas gandum yang ditanam di Indonesia berasal dari introduksi yang diseleksi untuk kesesuaian agroklimat di Indonesia. Hasil uji coba adaptasi multilokasi di berbagai daerah membuktikan tanaman gandum dapat tumbuh dan berproduksi tinggi di Indonesia, tetapi terbatas pada dataran tinggi, di atas 1.000 m dpl (Dahlan *et al.* 2003, Wibowo 2009). Pada tahun 2014 telah dilepas gandum varietas Guri-3, Guri-4 dan Guri-5 yang toleran pada dataran menengah (400-800 m dpl) (Balitsereal 2015). Usaha telah dilakukan untuk meningkatkan produksi gandum introduksi oleh beberapa peneliti Indonesia (Sisharmini *et al.* 2010, Nur *et al.* 2012, Nur *et al.* 2013) tetapi saat ini belum ada genotipe yang adaptif di dataran rendah. Oleh karena itu perlu diidentifikasi genotipe yang beradaptasi baik di wilayah tropik dataran rendah yang berasal dari berbagai sumber genetik gandum di dunia.

Menurut Carver (2009) serta Van Ginkel dan Villareal (1996), untuk dapat tumbuh, gandum memerlukan suhu 15-25°C. Tanaman ini tidak dapat berproduksi pada suhu di atas 25°C. Kenaikan 1°C saja akan membuat tanaman mengalami penghambatan pertumbuhan. Faktor penghambat pertumbuhan tanaman gandum adalah suhu udara yang tinggi, setiap penurunan elevasi akan terjadi kenaikan suhu udara. Kenaikan suhu tersebut dapat mengakibatkan cekaman selama pertumbuhan tanaman (Handoko 2007).

Salah satu cara untuk memperoleh genotipe gandum yang adaptif pada wilayah tropik yaitu melalui teknik mutasi, menggunakan mutagen fisik maupun kimia (Van Harten 1988). Mutagen fisik yang sering digunakan adalah ionisasi sinar alpha, beta, gamma, fast neutron, elektron beam, dan ion beam, sedangkan mutagen kimia yang biasa digunakan adalah sulphur mustard, colchicine, EMS dan DES (Crowder 1993). Penggunaan EMS untuk meningkatkan mutasi telah dilakukan, di antaranya untuk menghasilkan genotipe gandum yang cepat berbunga, cepat masak, dan produktivitas tinggi serta mendapatkan mutan putatif yang toleran suhu tinggi (Sakin 2002, Vismanathan and Reddy 1996, Sari *et al.* 2014). Selain gandum ada beberapa komoditas yang mampu menghasilkan

mutan dari penggunaan EMS, seperti pada cabai tahan penyakit ChiVMV, pisang tahan penyakit layu fusarium, dan kedelai produksi tinggi (Manzila *et al.* 2010, Sukmadjaja *et al.* 2013; Asadi 2013).

Di Indonesia, gandum termasuk tanaman yang memiliki keragaman genetik sangat rendah, sehingga untuk mendapatkan karakter unggul dengan teknik hibridisasi kurang tepat (Micke and Donini 1993). Tidak tersedianya varietas unggul gandum mengakibatkan tanaman ini tidak berkembang, karena kalah bersaing dengan komoditas lain yang sering ditanam di dataran tinggi, seperti sayuran dan tanaman hortikultura lainnya yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi.

Mutasi yang dilanjutkan dengan seleksi toleran suhu tinggi secara *in vitro* telah dilakukan pada tanaman kentang dan bawang putih dan telah berhasil memperoleh mutan toleran suhu tinggi (Das *et al.* 2000). Tanaman regenerasi dari jaringan yang dapat mengatasi kondisi seleksi *in vitro*, diharapkan bersifat toleran terhadap suhu tinggi dan dapat beradaptasi pada dataran rendah. Mutasi gen yang memiliki sifat positif dan terwariskan ke generasi berikutnya dikehendaki oleh pemulia tanaman pada umumnya (Soeranto 2003).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan gandum varietas Nias dan Timor menghasilkan 2 t/ha biji sedangkan varietas Dewata dan Selayar lebih dari 2 t/ha di dataran tinggi (> 1.000 m dpl) Indonesia (Balitsereal 2012, Dahlan *et al.* 2003). Varietas gandum yang telah dilepas di Indonesia hanya sesuai dikembangkan di dataran tinggi, dan belum tersedia varietas yang cocok untuk dataran rendah. Luas lahan di dataran tinggi sangat terbatas dan telah digunakan untuk budi daya tanaman sayuran yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi.

Menurut Siagian (2008), pemerintah akan mengembangkan gandum di dataran rendah. Apabila tersedia varietas yang adaptif di dataran rendah, ada peluang pengembangan gandum dalam rotasi padi-padi-gandum di lahan sawah dataran rendah. Di beberapa daerah masih tersedia lahan sawah yang diberakan selama 4 bulan, dari Juli sampai Oktober, yang kemungkinan dapat digunakan untuk budi daya gandum.

Beberapa penelitian menunjukkan hasil gandum di Lembang (Jabar 1.100 m dpl) mencapai 3,34 t/ha. Varietas Nias di Malino Sulawesi Selatan dapat menghasilkan 5,37 t/ha pada 2001, tetapi pada 2002 hasil tertinggi hanya 2,05 t/ha karena perbedaan kesuburan tanah (Dahlan *et al.* 2003).

Penanaman gandum di lingkungan tropis pada ketinggian > 1.000 m dpl juga berhasil dengan baik di Tosari, Banjarnegara, Salatiga, Malino, Sinjai, dan

Sukarami. Namun areal pengembangan di daerah tersebut sangat sempit, karena gandum hanya digunakan sebagai tanaman sela hortikultura. Untuk itu diperlukan penelitian jangka panjang untuk pengembangan gandum di dataran rendah. Program penelitian bersama perakitan varietas gandum dataran rendah diarahkan pada pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas yang beradaptasi pada dataran rendah.

Penelitian ini bertujuan mengetahui karakter morfologi, anatomi, fisiologi dan mengidentifikasi kriteria seleksi untuk mendapatkan galur mutan varietas Alibey yang unggul untuk ditanam di dataran rendah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan SEAMEO-BIOTROP, Bogor (± 250 m dpl) pada bulan April-Desember 2013. Materi yang digunakan adalah 16 galur mutan gandum varietas Alibey generasi M3, yang diperoleh dengan perlakuan EMS LC₅₀ yaitu konsentrasi 0,1%, waktu perendaman 60 menit, dan varietas Alibey sebagai pembanding (Sari *et al.* 2014). Tiap galur ditanam satu baris yang terdiri atas 15 benih. Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu: 1) pengujian mutan putatif Alibey M3 di dataran rendah berdasarkan sifat morfologi, 2) karakterisasi kerapatan stomata dan ketebalan daun sebagai peubah anatomi, dan 3) analisis prolin dan gula total sebagai peubah fisiologi.

Pengujian Mutan Putatif Alibey M3 Berdasarkan Sifat Morfologi

Benih gandum M3 terpilih ditanam satu baris sehingga terdapat 16 baris galur mutan dan tiga baris pembanding/petak. Pada setiap empat galur mutan ditanam satu baris varietas Alibey sebagai pembanding, sehingga terdapat tiga baris petak pembanding. Tiap baris ditanam 15 benih gandum M3.

Sebelum ditanam, benih diberi insektisida Sevin dan lubang tugal diberi carbofuran. Lahan percobaan diolah secukupnya dan ditambahkan kompos dengan dosis 250 kg/ha dan arang sekam 125 kg/ha. Tanaman dipupuk dengan 200 kg/ha urea, 150 kg/ha SP36, dan 100 kg/ha KCl 14 hari setelah tanam (HST). Pemupukan kedua diberikan urea 150 kg/ha pada umur 30 hari HST. Penyiangan gulma dilakukan dua kali, yaitu pada pemupukan ke-2 dan menjelang fase pertumbuhan generatif.

Terhadap tanaman M3 diidentifikasi barisan-barisan yang unggul, kemudian dari baris terpilih diseleksi beberapa tanaman yang paling baik untuk diteliti keragaan morfologi, anatomi, dan fisiologi. Pengamatan

tanaman generasi M3 dilakukan terhadap sifat morfologi, panjang malai (PM), tinggi tanaman (TT), panjang tangkai malai (PTM), bobot biji/tanaman (BBT), jumlah malai (JM), bobot biji/malai (BBM), dan bobot 100 butir (BB100). Genotipe mutan putatif beradaptasi baik di dataran rendah jika penampilan tanaman selama pertumbuhan cukup baik dan hasil biji melebihi tanaman kontrol Alibey.

Analisis data mengikuti rancangan pembesaran dan dilakukan juga analisis korelasi antarkarakter.

Karakterisasi Kerapatan Stomata dan Ketebalan Daun sebagai Peubah Anatomi

Kerapatan stomata diamati dari jumlah stomata/satuan luas daun dengan cara mengambil sampel dari bagian tengah daun bendera menggunakan selulosa asetat pada bagian bawah daun untuk mencetak pola sebaran stomata pada permukaan daun (Capellades *et al.* 1990). Kemudian direkatkan menggunakan selotip untuk pelepasan lapisan epidermis. Selanjutnya lapisan epidermis diamati dengan mikroskop untuk pengamatan kerapatan stomata (stomata/mm²). Pengamatan dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 7-10. Penghitungan kerapatan stomata menggunakan rumus: $\text{Øok} = \text{Øol} \times \text{pl} / \text{pk}$

Diameter bidang pandang (10 x 40) = 5×10^{-1} mm = 0,5 mm, dimana:

Øok = diameter bidang pandang dengan objektif perbesaran kuat

Øol = diameter bidang pandang dengan objektif perbesaran lemah

pl = perbesaran lensa objektif lemah

pk = perbesaran lensa objektif kuat

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang pandang} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} (3,14) (0,5)^2 \\ &= 0,19625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{(\sum \text{stomata/mm}^2) \text{ Luas bidang pandang}}$$

Analisis Prolin dan Gula Total sebagai Peubah Fisiologi

Analisis prolin menggunakan metode Bates *et al.* (1973). Bahan tanaman yang dipakai adalah daun bendera yang telah berkembang maksimal dari tanaman mutan dan pembanding. Daun ditimbang 0,5 g, digerus dan dihomogenisasi dengan 9 ml asam sulfosalisilat 3%. Volume supernatan ditera dengan asam sulfosalisilat hingga 10 ml, disentrifugasi dengan kecepatan 5.000 rpm selama 5 menit. Supernatan yang diperoleh dipisahkan

dari larutan. Sebanyak 2 ml supernatan ditambahkan dengan 2 ml larutan asam ninhidrin dan asam asetat glacial dalam tabung reaksi dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 60 menit. Selanjutnya larutan reaksi ini diinkubasi dalam *ice bath* selama 5 menit. Hasil reaksi diekstraksi dengan 4 ml toluene dan diaduk selama 15-20 detik sehingga terbentuk kromofom. Kromofom yang mengandung toluene dipisahkan dari fase cairnya pada suhu ruangan. Kromofom yang terbentuk diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Toluene digunakan sebagai larutan blanko (standar). Kadar prolin ditentukan berdasarkan kurva standar, dan dihitung konsentrasi prolin dengan rumus: $[(\mu\text{g proline/ml} \times \text{ml toluene}) / 115,5 \mu\text{g}/\mu\text{mole}] / [(g \text{ sampel})/5] = \mu\text{moles proline/g berat segar daun}$. Kadar prolin dinyatakan sebagai $\mu\text{g/g}$ bobot daun segar.

Analisis gula total menggunakan metode Somogyi-Nelson (AOAC 1990). Bahan tanaman yang digunakan adalah daun bendera yang telah berkembang maksimal dari tanaman mutan dan kontrol. Daun ditimbang 2,0-2,5 g, dioven dengan suhu 40-45°C selama 2 hari, ditimbang bobot keringnya dan digiling sampai halus. Daun halus ditimbang 200 mg dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 20 ml etanol absolute 80%, dipanaskan selama 20 menit dalam *water bath*, suhu 60-70°C, disentrifugasi dan didiamkan hingga terbentuk endapan (residu). Cairan diambil dan ditempatkan dalam cawan datar. Ekstrak ditambah 20 ml etanol, dan dipanaskan dalam *water bath* suhu 60-70°C, disentrifugasi dan didiamkan hingga terbentuk residu cairan dan diambil untuk disatukan dengan cairan sebelumnya. Prosedur ini diulangi tiga kali.

Cairan absolute dalam cawan datar diuapkan dalam *water bath* hingga tersisa 1-2 ml. Sisa cairan disaring dengan kertas saring dalam labu ukur 100 ml + kurang lebih 50 ml aquades + 5 ml $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 5% + 5 ml ZnSO_4 5%, sehingga terjadi endapan protein. Larutan tersebut ditera dengan aquades (100 ml), dikocok lalu disaring kembali menggunakan kertas saring. Hasil saringan ini merupakan gula reduksi.

Analisis gula total dilakukan dengan prosedur: 5 ml larutan ekstrak dalam tabung reaksi + 5 ml H_2SO_4 1,4N dipanaskan (10 menit) dalam *water bath*, lalu didinginkan. Larutan dinetralkan dengan NaOH 1N, sehingga terbentuk warna merah jambu. Larutan ditera hingga 20 ml dan dikocok (ekstrak II). Proses reduksi/pewarnaan: 2 ml contoh etanol II dalam tabung reaksi 25 ml + 2 ml pereaksi Cu, dipanaskan selama 10 menit dalam *water bath*. Disiapkan deret standar 5, 10, 15, 20, 25 ppm, lalu didinginkan dan ditambahkan 2 ml pereaksi Nelson, dikocok hingga CO_2 yang ada hilang dan warnanya berubah menjadi bening. Larutan tersebut ditera (20-25 ml), dan dikocok hingga rata dan didiamkan

selama 30 menit. Larutan diukur dengan spektrofotometer panjang gelombang 500 nm, lalu dibandingkan dengan deret ukur yang telah dibuat sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Mutan Putatif Alibey M3 Berdasarkan Sifat Morfologi

Selama penelitian berlangsung curah hujan 360 mm, hari hujan 15 hari, temperatur 26,4°C, kelembaban udara 85%, penyinaran matahari 63% dengan intensitas radiasi 237,5 Cal/cm^2 (BMKG 2013). Hal ini menunjukkan suhu lebih tinggi dari 25°C yang merupakan batas suhu kritis bagi tanaman gandum.

Pengaruh suhu dataran rendah tropis terhadap galur mutan nyata untuk peubah panjang tangkai malai (8 mutan), bobot biji/tanaman (9 mutan), bobot biji/malai (1 mutan) dan bobot 100 biji (4 mutan) (Tabel 1). Hal ini mengindikasikan perbedaan antara tanaman mutan Alibey dengan varietas asli Alibey sebagai pembanding. Akan tetapi, tinggi tanaman dan jumlah malai tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Analisis korelasi antarkarakter komponen hasil dan pertumbuhan panjang tangkai malai dan jumlah malai menunjukkan masing-masing tidak berkorelasi nyata dengan karakter agronomi lainnya. Akan tetapi, bobot biji/malai berkorelasi nyata dengan bobot 100 biji, tinggi tanaman berkorelasi nyata dengan bobot biji/tanaman dan bobot biji per malai (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tanaman semakin besar bobot biji, yang kemungkinan disebabkan oleh peningkatan fotosintat.

Karakter yang memiliki perbedaan nyata mengindikasikan terbentuknya keragaman di antara mutan, yang memberi peluang untuk dapat menyeleksi mutan yang diinginkan. Perbedaan panjang malai tanaman mutan dengan tanaman pembanding cukup konsisten dan nyata (Gambar 1).

Karakter agronomi yang berkembang normal dan baik mengindikasikan galur mutan memiliki toleransi terhadap cekaman suhu tinggi. Menurut Wahyu *et al.* (2013), waktu berbunga tanaman gandum di dataran tinggi lebih lama daripada di dataran rendah yang memiliki suhu lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan percobaan Ivory (1989), bahwa pada lingkungan percobaan yang memiliki suhu tinggi, lama penyinaran dan intensitas penyinaran serta curah hujan umumnya tinggi, yang menjadi cekaman terhadap pertumbuhan gandum. Mutan yang baik tersebut memungkinkan untuk diseleksi kembali pada generasi M4 di lingkungan

Tabel 1. Karakter morfologi gandum mutan Alibey dan varietas Alibey. Kebun Percobaan SEAMEO-BIOTROP, Bogor, 2013.

Galur	Panjang tangkai malai (cm)	Bobot biji/tanaman (g)	Jumlah malai	Bobot biji/malai (g)	Bobot 100 biji (g)	Tinggi tanaman (cm)
Alibey (Pembanding)	5.26	11.76	6.08	0.93	92.81	66.51
Ab.0,1.60-1-7-1	3.00 ns	14.48 *	2.70 ns	1.03 *	103.28 *	46.60 ns
Ab.0,1.60-1-7-2	5.72 *	3.298 *	1.70 ns	0.503 *	60.722 ns	43.37 ns
Ab.0,1.60-1-11-1	5.82 *	10.678 ns	1.03 ns	0.653 *	75.722 ns	52.37 ns
Ab.0,1.60-1-11-2	4.82 ns	11.208 ns	2.37 ns	0.763 ns	86.722 ns	51.07 ns
Ab.0,1.60-2-14-1	6.22 *	12.398 *	1.70 ns	0.873 ns	97.722 *	49.77 ns
Ab.0,1.60-2-14-2	5.52 *	5.568 *	1.70 ns	0.573 *	67.722 ns	51.37 ns
Ab.0,1.60-2-20-1	4.82 ns	11.408 ns	2.37 ns	0.473 *	57.722 ns	51.77 ns
Ab.0,1.60-2-20-2	3.72 ns	16.118 *	3.03 ns	0.613 *	71.722 ns	50.77 ns
Ab.0,1.60-3-3-1	8.02 *	17.048 *	3.03 ns	0.683 ns	78.722 ns	60.37 ns
Ab.0,1.60-3-3-2	6.52 *	17.218 *	2.37 ns	0.753 ns	85.722 ns	55.07 ns
Ab.0,1.60-3-16-1	3.82 ns	15.268 *	5.03 ns	0.833 *	93.722 *	52.77 ns
Ab.0,1.60-3-16-2	3.82 ns	9.048 ns	3.03 ns	0.693 *	79.722 ns	49.77 ns
Ab.0,1.60-4-13-1	5.22 ns	12.418 *	4.03 ns	0.863 ns	96.722 *	50.77 ns
Ab.0,1.60-4-19-1	6.82 *	12.298 *	2.37 ns	0.483 *	58.722 ns	46.37 ns
Ab.0,1.60-5-4-1	5.32 *	8.178 ns	2.70 ns	0.563 *	66.722 ns	49.77 ns
Ab.0,1.60-5-11-1	4.52 ns	17.588 *	3.03 ns	0.773 ns	87.722 ns	53.07 ns

* nyata (lebih tinggi/rendah dari pembandingan), ns= tidak nyata.

Tabel 2. Korelasi antarkarakter agronomi gandum mutan Alibey di Kebun Percobaan SEAMEO-BIOTROP, Bogor, 2013.

Galur	Panjang tangkai malai	Bobot biji/tanaman	Jumlah malai	Bobot biji/malai	Bobot 100 biji	Tinggi tanaman
Panjang tangkai tanaman						
Bobot biji/tanaman	-0.01436 ^{ns}					
Jumlah malai	-0.37219 ^{ns}	0.46309 ^{ns}				
Bobot biji/malai	-0.35162 ^{ns}	0.48355 ^{ns}	0.37134 ^{ns}			
Bobot 100 biji	-0.30329 ^{ns}	0.49982*	0.40077 ^{ns}	0.98962**		
Tinggi tanaman	0.36699 ^{ns}	0.59625**	0.24001 ^{ns}	0.59625**	0.19179 ^{ns}	

*Nyata pada $P \leq 0,05$. **=Nyata pada $P \leq 0,01$. ^{ns}= tidak nyata.



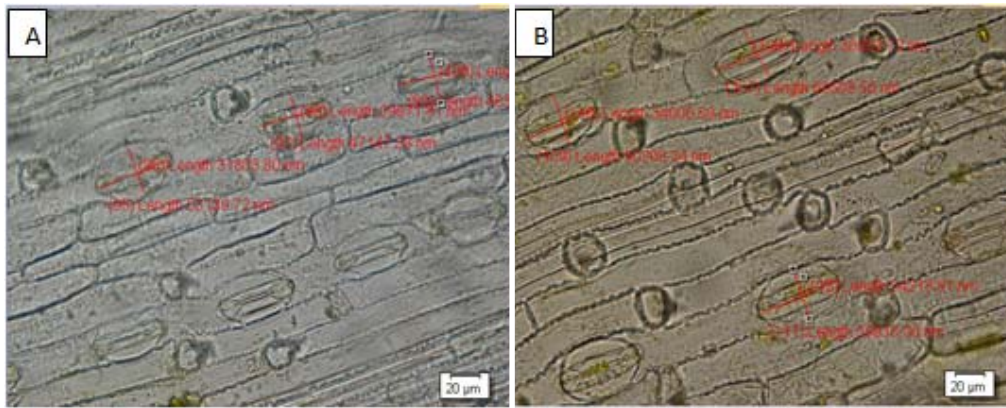
Gambar 1. Panjang malai tanaman gandum pembandingan Alibey (A) dan galur mutan Alibey AB-0.1.60-1-7-1 (B).

dataran rendah. Tanaman mutan yang tumbuh baik pada kondisi demikian diharapkan akan beradaptasi baik pada wilayah tropis dataran rendah.

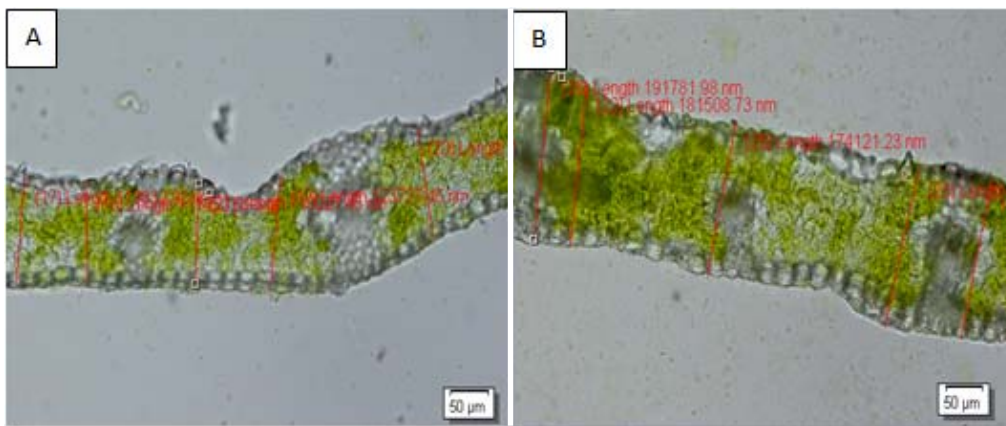
Karakterisasi Kerapatan Stomata dan Ketebalan Daun sebagai Peubah Anatomi

Kerapatan stomata dan ketebalan daun berbeda antara tanaman mutan dan pembandingan (Gambar 2 dan 3). Rata-rata kerapatan stomata varietas pembandingan Alibey adalah $35,66 \text{ mm}^2$ dan pada tanaman mutan $25,47 \text{ mm}^2$. Panjang dan lebar stomata varietas Alibey berturut-turut berkisar antara $47,14-53,13 \text{ }\mu\text{m}$, dan $29,67-31,80 \text{ }\mu\text{m}$, sedangkan pada mutan masing-masing $50,20-69,50 \text{ }\mu\text{m}$, dan $34,99-36,95 \text{ }\mu\text{m}$. Ketebalan daun varietas Alibey berkisar antara $11,02-12,37 \text{ }\mu\text{m}$, dan pada tanaman mutan $17,41-18,17 \text{ }\mu\text{m}$ (Gambar 2 dan 3).

Perbedaan antara ketebalan daun dan kerapatan stomata tanaman mutan dengan varietas Alibey



Gambar 2. Penampilan stomata gandum : A) tanaman pembanding, B). mutan Alibey (Ab-0.1.60- 1-7-1).



Gambar 3. Penampilan ketebalan daun menggunakan metode mikro teknik: A) tanaman pembanding, (B) mutan alibey (Ab-0.1.60-1-7-1).

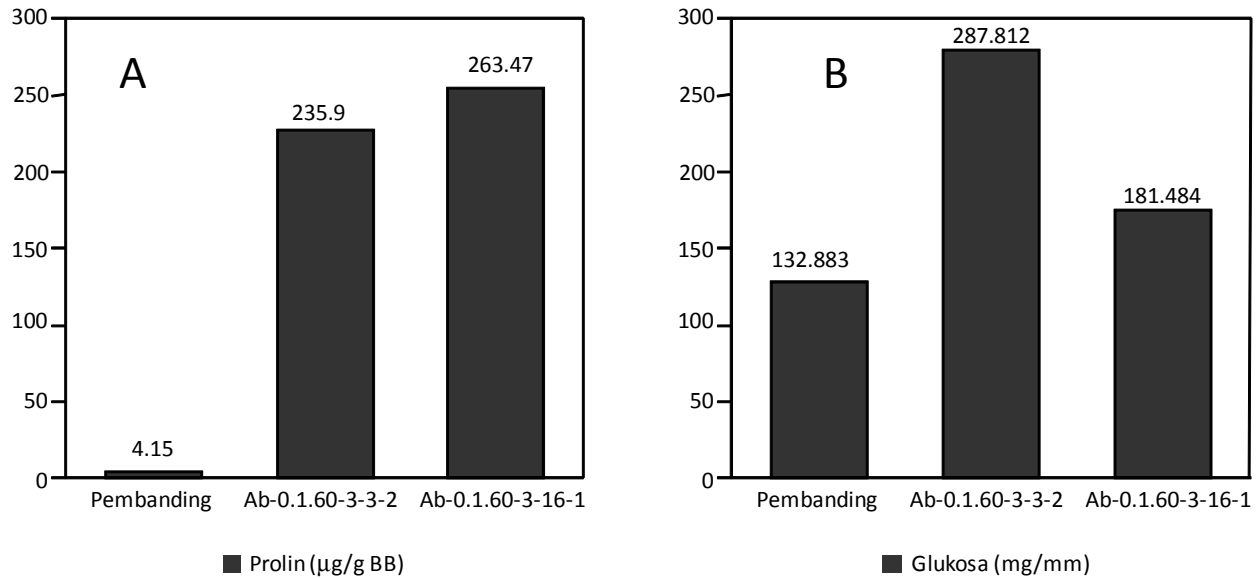
kemungkinan berpengaruh terhadap penyerapan energi surya dan hilangnya air melalui proses transpirasi serta intensitas difusi cahaya oleh sel-sel palisade. Intensitas difusi cahaya yang tinggi dengan suhu tinggi menyebabkan sel-sel palisade pada daun menjadi lebih panjang dan berlapis dua atau tiga. Peningkatan CO₂ menyebabkan perubahan anatomi daun, sehingga daun menjadi lebih tebal pada tanaman mutan dari tanaman pembanding (Taiz and Zeiger 2002, Sopandie 2014). Faktor fisiologi kemungkinan dipengaruhi oleh sifat morfologi dan anatomi tanaman, sehingga memberikan keragaan yang baik.

Analisis Prolin dan Gula Total sebagai Peubah Fisiologi

Karakter fisiologis yang menunjukkan perbedaan nyata antara tanaman mutan dengan pembanding adalah prolin dan glukosa (Gambar 4). Tanaman menghasilkan senyawa biokimia sebagai respons terhadap cekaman.

Senyawa yang banyak dipelajari terkait dengan toleransi tanaman terhadap cekaman antara lain adalah prolin, asam absisic, protein dehidrin, gula total, pati, sorbitol, dan superoksida dismutase. Senyawa tersebut terbentuk untuk menurunkan potensial osmotik sel tanpa membatasi fungsi enzim (Yoshiba *et al.* 1997). Penggunaan penciri fisiologi untuk mengidentifikasi tanaman mutan dapat dilakukan dengan menghitung akumulasi senyawa prolin dan glukosa dalam daun tanaman gandum. Akumulasi senyawa prolin yang berkaitan dengan mekanisme tanaman untuk tetap bertahan hidup dalam kondisi tercekam suhu tinggi disebut penyesuaian osmotik.

Kandungan prolin nyata lebih besar pada tanaman mutan Ab-0.1.60-3-3-2 (235,90 µg/g BB) dan Ab-0.1.60-3-16-1 (263,47 µg/g BB) daripada tanaman pembanding (4,15 µg/g BB). Begitu juga gula total/glukosa, nyata lebih tinggi pada tanaman mutan Ab-0.1.60-3-3-2 (287,812 mg/ml) dan Ab-0.1.60-3-16-1 (181,484 mg/ml) daripada tanaman pembanding (132,883 mg/ml). Hal ini



Gambar 4. A) Kandungannya prolin pada daun gandum mutan Alibey dan tanaman pembandingan.
B) Kandungannya glukosa pada daun gandum mutan Alibey dan tanaman pembandingan.

menunjukkan kedua mutan tersebut responsif atau toleran terhadap cekaman suhu tinggi, sebagai upaya penyesuaian osmotik.

KESIMPULAN

Lingkungan dataran rendah tropis di Bogor mampu sebagai diskriminan (pemisah) antara tanaman mutan gandum dengan tanaman varietas asli Alibey sebagai pembandingan. Sifat morfologi yang muncul sebagai pembeda adalah panjang tangkai malai dan bobot biji/tanaman.

Sifat morfologi yang berkorelasi nyata dengan bobot biji/malai dan bobot biji/rumpun tanaman adalah tinggi tanaman dan bobot 100 biji. Sifat-sifat lain tidak berkorelasi dengan bobot biji/tanaman.

Beberapa tanaman mutan Alibey mengakumulasi prolin dan gula total lebih tinggi dibandingkan dengan varietas asli Alibey saat mengalami cekaman suhu tinggi. Hal ini mengindikasikan mutan tersebut dapat beradaptasi pada dataran rendah tropis bersuhu tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada: (1) Kepala BB-Biogen dan SEAMEO-BIOTROP atas izin dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan, (2) Konsorsium Gandum dengan judul Perakitan Gandum

Adaptif Tropis Melalui Keragaman Somaklonal tahun anggaran 2012-2013, dan (3) DIPA BB-Biogen untuk uji lapangan gandum tahun anggaran 2013-2014.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. AOAC. USA.
- Asadi. 2013. Pemuliaan mutasi untuk perbaikan terhadap umur dan produktivitas pada kedelai. *Jurnal Agrobiogen* 9(3):135-142.
- Balitsereal (Balai Penelitian Tanaman Serealia). 2012. Highlight Balai Penelitian Tanaman Serealia, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Balitsereal. 2015. Guri 3 agritan: Gandum toleran suhu tinggi pertama di Indonesia. [http://balitserial.litbang.deptan.go.id.html](http://balitserial.litbang.deptan.go.id/html) [Agustus 2015].
- Bates, L.S., R.P. Waldren, and Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plan Soils* 39:205-207.
- [BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. 2013. Data Iklim Bogor Tahun 2013. Bogor (ID): Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor.
- Budiarti, S.G. 2005. Karakterisasi beberapa sifat kuantitatif plasma nutfah gandum (*Triticum aestivum* L.). *Buletin Plasma Nutfah* 11(2):49-54.
- Capellades, M., R. Fontarnau, C. Carulla, and P. Debergh P. 1990. Environment influences anatomy of stomata and epidermal cells in tissue cultured *Rosa multiflora*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(1):141-145.
- Carver, B.F. 2009. *Wheat science and trade*. Edition First. Wiley Blacwell Publissing. USA. p.569.

- Crowder, L.V. 1993. Genetika tumbuhan. Terjemahan Kusdiarti, L., Sutarso (ed). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. p.323-351.
- Dahlan, M., Rudijanto, J. Murdianto, dan M. Yusuf. 2003. Usulan pelepasan varietas gandum. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian, Maros.
- Das, A., S.S. Gosal, J.S. Sidhu, and H.S. Dhaliwal. 2000. Induction of mutations for heat tolerance in potato by using *in vitro* culture and radiation. *Eupytica* 114(3):205-209.
- Handoko. 2007. Gandum 2000. Penelitian dan Pengembangan Gandum di Indonesia. Seameo-Biotrop, Bogor, Indonesia. p.118.
- Ivory, D.A. 1989. Site karakteristik. *In: De lacy, L.H.(Eds.)*. Analysis of Data from Agriculture Adaptation Experiments. Australia Cooperation with the Thai/World Bank National Agricultural Research Project (ACNARP) Training Course. Suphanburi and Chiang Mai, Thailand, 15-17 January 1989. pp.17-24.
- Manzila, I., S.H. Hidayat, I. Mariska, dan S. Sujiprihati. 2010. Pengaruh perlakuan EMS pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* L) dan ketahanan terhadap *Chilli Veinal Mottle Virus* (ChiVMV). *J. Agron. Indonesia* 38(3):205-211.
- Micke, A. and B. Donini. 1993. Induce mutation. *In: Hasyward, M.D., N.O. Bosemark, and I. Romagosa (Eds.)*. Plant Breeding Principle and Prospects. Chapman and Hall, London.
- Nur, A., M. Azrai, H. Subagio, Soeranto, Ragapadmi, Sustiprijatno, dan Trikoesoemaningtyas. 2013. Perkembangan pemuliaan gandum di Indonesia. *IPTEK Tanaman Pangan* 8(2):97-105.
- Nur, A., Trikoesoemaningtyas, N. Khumaida, dan S. Yahya. 2012. Evaluasi dan keragaman genetik galur gandum introduksi (*Triticum Aestivum* L.) di agroekosistem tropis. *J. Agrivigor*. 11(2):230-243.
- Petersen, R.G. 1994. Agricultural field experiments, design and analysis. Marcel Dekker Inc, New York. USA.
- Porter, J.R. 2005. Rising temperatures are likely to reduce crop yields. *Nature*: 436-174.
- Sakin, M.A. 2002. The use of induced micro mutation for quantitative characters after EMS and gamma ray treatments in durum wheat Breeding. *Pakistan Journal of App. Science* 2(12):1102-1107.
- Sari, L., A. Purwito, D. Soepandi, R. Purnamaningsih, and E. Sudarmonowati. 2014. In vitro selection of wheat (*Triticum aestivum*) mutants tolerant on lowland. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research/IJAAR* 5(5):189-199.
- Sari, L., A. Purwito, D. Sopandie, R. Purnamaningsih, dan E. Sudarmonowati. 2015. Pengaruh irradiasi sinar gamma pada pertumbuhan kalus dan tunas tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.). *Ilmu Pertanian* 18(1):44-50.
- Shewry, P.R. 2009. Wheat. *Darwin Review. Journal of Experimental Botany* 60(6):1537-1553.
- Siagian, V. 2008. Mengapa tidak menanam gandum?. <http://www.targetmdgs.org> [Desember 2011].
- Sisharmini, A., A. Aniversari, dan Sustiprijatno. 2010. Induksi kalus dan regenerasi beberapa genotipe gandum (*Triticum Aestivum* L) secara *in vitro*. *Jurnal Agro Biogen* 6(2):57-64.
- Soeranto. 2003. Pemuliaan tanaman dengan teknik Mutasi. Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.
- Sopandie, D. 2014. Fisiologi adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem tropika. IPB Press, Bogor. p.228.
- Sukmadjaja, D., R. Purnamaningsih, dan T.P. Priyatno. 2013. Seleksi *in vitro* dan pengujian mutan tanaman pisang ambon kuning untuk ketahanan terhadap penyakit layu fusarium. *Jurnal Agrobiogen* 9(2):66-76.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant physiology. Third edition. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Van Ginkel, M. and R.L. Villareal. 1996. *Triticum* L., p.137-143 *In: Grubben, G.J.H. and S. Partohardjono. (Eds.)*. Plant resource of South-East Asia (PROSEA) No.10. Cereals. Backhuys Leiden, Netherland.
- Van Harten, A.M. 1998. Mutation breeding: theory and practical applications. New York. Cambridge Univ Pr. pp.353.
- Viswanathan, P. And V.R.K. Reddy. 1996. Genetics of early flowering mutants in triticale. *Acta Agronomica Hungaria* 46(4):389-391.
- Wahyu, Y., A.P. Samosir, dan S.G. Budiarti. 2013. Adaptabilitas genotipe gandum introduksi di dataran rendah. *Bul. Agrohorti* 1(1):1-6.
- Wibowo. 2009. Gandum pun bisa tumbuh di Indonesia. <http://www.agroindonesia.co.id>. [01 Maret 2016].
- Wiyono, N.T. 1980. Budi daya tanaman gandum (*Triticum* sp.). PT. Karya Nusantara, Jakarta.
- Yoshiba, Y., T. Kiyosue, K. Nakashima, K.Y. Shinozaki, and K. Shinozaki. 1997. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant Cell Physiol.* 38(10):1095-1102.