

KARAKTERISASI BEBERAPA MORFOLOGI, ANATOMI DAN FISILOGI MUTAN GANDUM (*Triticum aestivum* L.) DEWATA DAN SELAYAR DI DATARAN RENDAH TROPIS

CHARACTERIZATION OF SOME MORPHOLOGY, ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF THE WHEAT MUTANT (Triticum aestivum L.) DEWATA AND SELAYAR IN TROPICAL LOWLAND.

Laela Sari,* Agus Purwito,** Didy Sopandie,**
Ragapadmi Purnamaningsih,*** dan Enny Sudarmonowati*

*Pusat Penelitian Bioteknologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Cibinong, Indonesia

**Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

***Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Kementerian Pertanian, Bogor, Indonesia.
pos-el: laelasari@yahoo.com

ABSTRACT

Wheat mutant characterization is a part of the breeding programs to investigate the diversity that can influence in production increased. The aim of this research was to obtain data characterization morphology, anatomy and physiology that could be used as selection criteria and obtain an adaptive wheat mutant in tropical lowland area. The research was conducted in Seameo-Biotrop Experimental Garden, located on \pm 250 m above the sea level, on April until November 2013. There were 18 Dewata wheat mutants and two Selayar wheat mutants, which is an M3 derivative resulted from EMS treatment, were used. LC_{50} Dewata got the 0.3% EMS treatment for 30 minutes, while LC_{50} Selayar got the 0.1% EMS treatment for 60 minutes. The data analysis used Augmented Designs Method. The results showed that the mutant Dewata that was significantly affected the morphology was indicated by four characters i.e. cooking time (two mutants), grain weight per genotype (seven mutants), leaf area (five mutants), and green leaves (one mutant). There are two characters in mutant Selayar that bring significant influence on morphological factors, those are seed weight per genotype (one mutant) and leaf area (one mutant), while the cooking time and green leaves have no real effect. Anatomical character appearance on leaf thickness and the size of stomata showed different levels of tolerance between Dewata plant mutant (DW-0,3.30-2-13-3), Selayar mutant (SL-0,1.60-2-14-2), and its both controls. As for the physiological character there were significant differences in the amount of proline and glucose levels. Proline level in Dewata control was 79.29 μ g/gBB, while in DW mutant -0,3.30-2-13-3 was 332.37 μ g/gBB. Proline levels in Selayar control was 201.53 μ g/gBB, while in mutant SL mutant-0,1.60-2-14-2 was 335.79 μ g/gBB. Likewise, glucose level in Dewata control was 14.32mg/gBB, while in DW mutant-0,3.30-1-15-1 was 29.06 mg/gBB, Selayar controls (5.87 mg /gBB) with SL mutant-0,1.60-2-14-2 (17.68 mg /gBB).

Keywords: *Some characterization, Wheat (*Triticum aestivum* L.), Dewata and Selayar mutant, EMS, Tropical lowland.*

ABSTRAK

Karakterisasi mutan gandum adalah bagian dari program pemuliaan untuk mengetahui keragaan yang berpengaruh dalam peningkatan produksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh data karakterisasi beberapa morfologi, anatomi dan fisiologi yang dapat dijadikan kriteria seleksi serta mendapatkan mutan gandum yang adaptif pada daerah rendah tropis. Penelitian ini dilakukan di kebun Percobaan Seameo-Biotrop yang mem-

punyai ketinggian \pm 250 m.dpl pada bulan April 2013–November 2013. Mutan gandum yang digunakan ada 18 mutan (Dewata) dan dua mutan (Selayar) yang merupakan turunan M3 hasil dari perlakuan EMS. LC_{50} Dewata, yaitu EMS 0,3% selama 30 menit, LC_{50} Selayar, yaitu EMS 0,1% selama 60 menit. Data di analisis menggunakan metode Ragam *Augmented Design*. Hasil menunjukkan bahwa mutan Dewata yang berpengaruh nyata pada faktor morfologi terdapat empat karakter yaitu waktu masak (dua mutan), bobot biji per genotipe (tujuh mutan), luas daun (lima mutan), dan kehijauan daun (satu mutan). Mutan Selayar yang berpengaruh nyata pada faktor morfologi terdapat dua karakter, yaitu bobot biji per genotipe (satu mutan) dan luas daun (satu mutan) sedangkan waktu masak dan kehijauan daun tidak berpengaruh nyata. Penampilan karakter anatomi ketebalan daun dan ukuran stomata memperlihatkan toleransi yang berbeda antara tanaman Dewata mutan (DW-0,3.30-2-13-3), Selayar mutan (SL-0,1.60-2-14-2), dan kontrol keduanya. Karakter fisiologi menunjukkan perbedaan yang signifikan pada jumlah prolin yaitu Dewata kontrol (79.29 μ g/gBB) dengan mutan DW-0,3.30-2-13-3 (332.37 μ g/gBB), dan Selayar kontrol (201.53 μ g/gBB) dengan mutan SL-0,1.60-2-14-2 (335.79 μ g/gBB). Nilai kadar glukosa juga memiliki perbedaan antara Dewata kontrol (14.32 mg/gBB) dengan mutan DW-0,3.30-1-15-1 (29.06 mg/gBB), Selayar kontrol (5.87 mg/gBB) dengan mutan SL-0,1.60-2-14-2 (17.68 mg/gBB).

Kata Kunci: Beberapa karakterisasi, Gandum (*Triticum aestivum*), Mutan Dewata dan Selayar, EMS, Dataran rendah tropis

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global pada dekade ini di negara berkembang khususnya di Indonesia, berdampak secara langsung terhadap sektor pertanian yang menyebabkan gagal panen. Gagal panen dan hasil produksi menurun terjadi karena keberhasilan produksi pertanian masih sangat tergantung pada kondisi iklim.¹ Salah satu produksi pertanian yang tergantung pada kondisi iklim adalah tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.).

Tanaman gandum merupakan tanaman subtropik yang diupayakan untuk dikembangkan di daerah tropik, khususnya di Indonesia. Program pengembangan varietas unggul gandum di Indonesia telah dilakukan sejak tahun 1985, tetapi sangat terbatas pada wilayah dataran tinggi (>1000 m.dpl) yang mempunyai suhu optimum sekitar 15–25°C. Wilayah dataran tinggi mempunyai kendala, yaitu persaingan komoditas lain yang nilai ekonominya cukup tinggi seperti sayuran dan hortikultura. Laju peningkatan hasil gandum saat ini, masih terlalu rendah untuk dapat memenuhi kebutuhan gandum di masa depan.² Kebutuhan yang sangat besar dan kemampuan impor yang semakin terbatas menuntut pengembangan gandum di dalam negeri. Kebutuhan gandum di Indonesia hampir seluruhnya diperoleh dari impor, sehingga Indonesia merupakan negara pengimpor gandum terbesar ke lima dunia dengan total impor 4,86 juta ton/tahun dan akan terus meningkat dengan laju 2% per tahun.³

Varietas baru gandum telah berhasil dirilis pada tahun 2003 telah berhasil dirilis di Indonesia yang lebih adaptif pada ketinggian >1000 m.dpl

dengan rata-rata hasil sekitar 4,13–5,39 t/ha, yaitu varietas Selayar dan Dewata.⁴ Varietas tanaman gandum yang ada di Indonesia berasal dari introduksi atau dikirim dari negara lain. Setelah melalui tahapan pengujian daya adaptasi pada beberapa agroekosistem yang cocok dan daya hasil di beberapa lokasi percobaan kemudian dilepas menjadi varietas gandum baru nasional. Varietas gandum yang telah dilepas di Indonesia umumnya beradaptasi spesifik untuk dataran tinggi. Hal ini terkait dengan kemungkinan ada tidaknya interaksi antara varietas tanaman dengan variasi lingkungan. Sebetulnya usaha produksi gandum di Indonesia sudah dilakukan dengan mengembangkan varietas-varietas introduksi dan studi adaptasi varietas gandum introduksi oleh beberapa peneliti di Indonesia.^{5,6,7} Akan tetapi sampai saat ini belum ada galur-galur gandum adaptif yang direkomendasikan di dataran rendah di Indonesia.

Beberapa karakteristik morfologi (persentase pertumbuhan), anatomi (ketebalan daun, kerapatan stomata) dan fisiologi (analisis prolin, analisis gula total) dapat terjadi perubahan pada pertumbuhan tanaman apabila ada cekaman lingkungan. Pengaruh cekaman lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman sangat ditentukan oleh besarnya tingkatan cekaman yang dialami tanaman tersebut. Sejumlah studi menunjukkan bahwa akibat dari cekaman lingkungan akan terjadi penghambatan pertumbuhan tanaman dan penurunan laju fotosintesis. Penurunan laju fotosintesis berkaitan dengan beberapa faktor seperti anatomi, yaitu penutupan stomata dan

dehidrasi kutikula. Mekanisme pembukaan stomata daun pada tanaman dikontrol oleh terjadinya perubahan potensial air di daun.⁸ Faktor morfologi memengaruhi penurunan yang nyata pada tinggi tanaman, luas tanaman, jumlah ruas pertanaman, dan jumlah polong per ruas.⁹ Faktor fisiologi memengaruhi penurunan jumlah prolin dan glukosa pada tanaman gandum kontrol varietas Alibey kurang lebih sebanyak 46%.¹⁰ Faktor fisiologi digunakan untuk melengkapi data morfologi dan anatomi sehingga menghasilkan keragaan yang baik.

Salah satu kendala yang dihadapi di Indonesia adalah kurangnya varietas yang adaptif dan faktor lingkungan seperti cekaman suhu tinggi. Cekaman suhu tinggi merupakan kendala umum selama tahapan pengisian biji dan anthesis pada banyak tanaman sereal pada daerah subtropis. Sebagai contoh, cekaman suhu tinggi memperpanjang waktu pengisian biji, menurunkan berat kernel gandum hingga 7% pada musim semi. Pengurangan serupa terjadi pada pati, protein dan isi minyak kernel jagung dan kualitas biji-bijian sereal lainnya.¹¹ Jumlah dan berat gandum juga peka terhadap cekaman suhu tinggi, seperti jumlah butir dan berat biji per malai menurun dengan meningkatnya suhu.¹² Cekaman suhu tinggi menjadi faktor pembatas dalam usaha perluasan gandum di dataran rendah, karena pada dasarnya gandum merupakan tanaman subtropis yang menghendaki suhu yang rendah untuk proses pertumbuhan dan perkembangannya. Cekaman suhu tinggi diartikan sebagai kenaikan suhu yang menyebabkan kerusakan *irreversibel* pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Batasan kerusakan suhu tinggi untuk tiap tanaman akan relatif, tergantung wilayah atau habitat asal tanaman.¹²

Toleran suhu tinggi telah diteliti melalui induksi mutasi secara *in vitro* menggunakan EMS antara lain pada tanaman gandum¹³ dan ubi jalar.¹⁴ Perlakuan EMS dengan konsentrasi 0,25–0,5% pada tanaman barley, menimbulkan mutasi dengan laju lima kali lebih tinggi dibandingkan radiasi sinar x, terutama untuk mutasi klorofil.¹⁵ Gandum yang diperlakukan dengan EMS lebih cepat berbunga dan masak bijinya serta menghasilkan produktivitas yang tinggi.^{13,16} Diharapkan EMS dapat menginduksi sifat

ketahanan terhadap suhu tinggi pada tanaman gandum terutama pada dataran rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan varietas gandum yang dapat beradaptasi di dataran rendah dan mengidentifikasi beberapa karakteristik morfologi, anatomi, dan fisiologi pada varietas Dewata dan Selayar M3.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di kebun percobaan SEAMEO-BIOTROP (± 250 m.dpl) mulai bulan April– November 2013. Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah mutan putatif gandum Dewata (18 mutan) dan mutan putatif gandum Selayar (dua mutan) yang merupakan turunan M3 hasil dari perlakuan EMS. LC_{50} Dewata adalah EMS 0,3% selama 30 menit dan Selayar adalah 0,1% selama 60 menit (penelitian sebelumnya). Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu: 1) Pengujian morfologi mutan putatif Dewata dan Selayar M3 di dataran rendah; 2) Pengujian anatomi seperti kerapatan stomata dan ketebalan daun; 3) Pengujian fisiologi yaitu analisis prolin dan gula total.

Pengujian Morfologi Mutan Putatif Dewata dan Selayar M3.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji genotipe mutan putatif di dataran rendah. Tanaman M2 berproduksi kemudian bijinya (M3) yang dihasilkan, ditanam di dataran rendah (<400 m.dpl). Benih M3 terpilih (hasil seleksi M2) ditanam tiap nomor dalam baris dengan jarak tanam antar baris 20 x 25cm. Tanah diolah terlebih dahulu dengan pemberian kompos dan arang sekam (2:1). Tanaman dipupuk dengan dosis 200 kg/ha Urea, 150 kg/ha SP36, dan KCl 100 kg/ha pada umur 14 hari setelah tanam (hst) dan pemupukan kedua dengan dosis Urea 150 kg/ha pada umur 30 hst. Sebelum ditanam benih diberi insektisida sevin dan pada saat tanam lubang ditambahkan carbofuran. Penyiangan terhadap gulma dilakukan dua kali yaitu pada pemupukan dan pertumbuhan generatif.

Tanaman M3 diidentifikasi barisan-barisan yang unggul, kemudian diseleksi beberapa tanaman yang paling baik dari masing-masing varietas tiap baris untuk dilakukan

uji karakteristik morfologi, anatomi dan fisiologi. Pengamatan tanaman M3 dilakukan terhadap parameter morfologi seperti, persentase pertumbuhan Tanam Awal (TA), persentase pertumbuhan Tahap Panen (TP), waktu masak (MSK), bobot biji per genotipe (BBG), Luas Daun Bendera (LDB) dan Kehijauan Daun Bendera (KDB). Genotipe mutan putatif dikatakan beradaptasi baik di dataran rendah jika penampilan tanaman selama pertumbuhan cukup baik dan panen yang dihasilkan melebihi tanaman kontrol.

Analisis data menggunakan *Augmented Design*. Menurut Petersen,¹⁷ dalam *Augmented Design* sebelum dilakukan analisis data perlu dilakukan penyesuaian untuk perbedaan setiap baris. Penyesuaian ini didasarkan pada nilai rata-rata varietas mutan dalam baris tertentu dan nilai rata-rata varietas kontrol seluruh percobaan. Untuk mengestimasi standar *error* digunakan MSE. Nilai MSE didapat dari penghitungan analisis ragam. Selanjutnya standar *error* digunakan untuk mengestimasi nilai LSI. Nilai LSI digunakan untuk membandingkan antara varietas kontrol dengan populasi M3.

Pengujian Anatomi, yaitu Kerapatan Stomata dan Ketebalan Daun.

Kerapatan stomata diamati dari jumlah stomata per satuan luas daun dengan cara mengambil sampel dari bagian tengah daun bendera dengan menggunakan selulosa asetat (cat kuku) pada bagian bawah daun untuk mencetak pola stomata pada permukaan daun.¹⁸ Kemudian direkatkan menggunakan selotip untuk pelepasan lapisan epidermis. Selanjutnya diamati di mikroskop untuk pengamatan kerapatan stomata (stomata/mm²), yang diamati secara acak sebanyak dua stomata per sample tanaman. Pengamatan dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 07.00–09.00 WIB. Menghitung kerapatan stomata dengan rumus *) : $\hat{\sigma}_{ok} = \hat{\sigma}_{ol} \times pl / pk$ (1)

Diameter bidang pandang (10 x 40) = 5 x 10⁻¹ mm = 0.5 mm. Dimana:

$\hat{\sigma}_{ok}$ = diameter bidang pandang dengan obyektif perbesaran kuat

$\hat{\sigma}_{ol}$ = diameter bidang pandang dengan obyektif perbesaran lemah

pl = perbesaran lensa obyektif lemah

pk = perbesaran lensa obyektif kuat

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang pandang} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} (3.14) (0.5)^2 \\ &= 0.19625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kerapatan stomata} &= \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}} \quad (2) \\ (\Sigma \text{ stomata/mm}^2) & \end{aligned}$$

Pengujian Fisiologi, yaitu Analisis Prolin dan Gula Total.

Analisis prolin menggunakan metode Bates.¹⁹ Bahan yang dipakai adalah daun bendera yang telah berkembang sempurna (mutan dan kontrol). Cara kerjanya adalah 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 5000 rpm selama lima menit, supernatan dipisahkan dari larutan. Supernatant 2 ml dalam tabung ditambahkan 2 ml larutan asam ninhidrin dan asam asetat glacial, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 60 menit. Larutan reaksi ini diinkubasi dalam ice bath selama lima menit. Hasil reaksi diekstraksi dengan 4 ml toluene dan distirer 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 menghitung konsentrasi prolin dengan rumus: $[(\mu\text{g proline/ml} \times \text{ml toluene}) / 115.5 \mu\text{g}/\mu\text{mole}] / [(g \text{ sample})/5] = \mu\text{moles proline/g berat segar daun}$. Kadar prolin dinyatakan sebagai $\mu\text{g/g}$ bobot daun segar.

Analisis gula total menggunakan metode Smogy Nelson. Bahan yang digunakan adalah daun bendera yang membuka sempurna (tanaman mutan dan kontrol). Cara kerja: daun ditimbang $\pm 2,5\text{g}$, dioven dengan suhu $\pm 45^\circ\text{C}$ selama dua hari, ditimbang bobot keringnya dan digiling sampai halus. Daun halus ditimbang 200 mg dan dimasukkan dalam erlenmeyer, ditambahkan 20 ml etanol absolute 80%, dipanaskan selama 20 menit dalam water bath, suhu 60–70°C, disentrifuse dan didiamkan hingga terbentuk

endapan (residu). Cairan diambil dan ditempatkan dalam cawang datar. Ekstrak ditambah 20 ml etanol, dan dipanaskan dalam water bath suhu 60–70°C, disentrifuse dan didiamkan hingga terbentuk residu cairan dan diambil untuk disatukan dengan cairan sebelumnya (diulangi tiga kali). Cairan absolute dalam cawang 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 Ba(OH)₂ 5% + 5 ml ZnSO₄ 5%, sehingga terdapat endapan (protein). Larutan ditera dengan aquades (100 ml), dikocok, dan disaring menggunakan kertas saring. Hasil saringan ini merupakan gula reduksi. Analisis gula total dilakukan dengan prosedur: pipet 5 ml larutan ekstrak dalam tabung reaksi + 5 ml H₂SO₄ 1,4N lalu dipanaskan (sepuluh 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: Ambil 2 ml contoh etanol II dalam tabung reaksi 25 ml + 2 ml pereaksi Cu, lalu dipanaskan selama 10 menit dalam water bath. (Buat deret standar 5, 10, 15, 20, 25 ppm), lalu didinginkan dan ditambahkan dengan 2 ml pereaksi Nelson, kocok hingga CO₂ yang ada hilang dan warnanya berubah menjadi bening. Larutan ditera (20–25 ml) dan dikocok hingga rata dan diinkubasi 30 menit. Larutan diukur dengan spektrofotometer panjang gelombang 500 nm lalu dibandingkan dengan deret ukur yang telah dibuat sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Strategi adaptasi yang paling mendesak dilakukan untuk menanggulangi pemanasan suhu tinggi terhadap pertanian di Indonesia menurut *World Development Report*,²⁰ antara lain: menanam varietas yang memiliki daya adaptasi tinggi, mengubah masa tanam menyesuaikan iklim dan mempraktekkan pertanian dengan masa tanam yang lebih singkat serta menggunakan mutagen untuk keragaman genetik. Dalam hal ini strategi yang digunakan adalah yang ke tiga, yaitu menggunakan bahan mutagen untuk menghasilkan bibit unggul dengan EMS. Varietas

Dewata dan Selayar mempunyai konsentrasi EMS Lethal Concentration 50 (LC₅₀), yaitu 0,3% selama 30 menit dan 0,1% selama 60 menit.²¹

Kenaikan suhu 1°C maka akan membuat gandum itu mengalami penghambatan pertumbuhan. Penghambatan pertumbuhan tanaman gandum adalah suhu udara, artinya setiap penurunan elevasi maka akan terjadi kenaikan suhu udara. Kenaikan suhu tersebut dapat mengakibatkan cekaman selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman gandum.²² Ini terjadi karena iklim lingkungan selama penelitian di lokasi Seameo-Biotrop memiliki suhu 26,4 °C, rata-rata curah hujan 360 mm, hari hujan sebanyak 15.25 hari, kelembaban udara 85%, lama penyinaran matahari 63% dan dengan intensitas radiasi matahari sebesar 237.5 Cal/Cm².²³ Hal ini dapat diketahui bahwa suhu lebih tinggi dari 25°C, dimana suhu optimum tanaman gandum adalah 25°C. Menurut Van Ginkel & Villareal,²⁴ gandum memerlukan suhu bagi pertumbuhannya sekitar 15 – 25°C dan tidak dapat tumbuh pada daerah yang hangat dan suhu tinggi. Fase yang paling kritis karena cekaman abiotik seperti suhu tinggi pada tanaman gandum menurut Dolferus,²⁵ adalah fase reproduksi. Sedangkan menurut Savicka dan Skute,²⁶ mengatakan bahwa cekaman suhu tinggi yang dialami tanaman gandum yaitu pada fase bibit penanaman awal.

Hasil analisis *augmented design* pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh suhu yang signifikan terhadap empat karakter morfologi seperti waktu masak (dua mutan), bobot biji per genotipe (tujuh mutan), luas daun (lima mutan), dan kehijauan daun (satu mutan). Pada mutan Selayar yang berpengaruh nyata pada faktor morfologi terdapat dua karakter yaitu bobot biji per genotipe (satu mutan) dan luas daun (satu mutan) sedangkan pada waktu masak dan kehijauan daun tidak berpengaruh nyata. Pengaruh suhu yang signifikan (s) mengindikasikan adanya perbedaan antara tanaman kontrol, mutan Dewata dan Selayar, sedangkan yang tidak signifikan (ns) tidak adanya perbedaan antara tanaman kontrol dan mutan bahkan hasil bisa menunjukkan lebih tinggi tanaman kontrol.

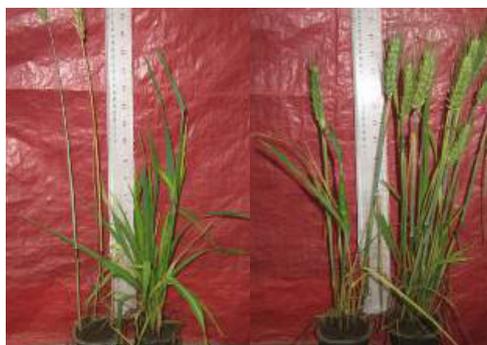
Tabel 1. Analisis *augmented design* karakter morfologi persentase tumbuh awal (TA), persentase tumbuh panen (TP), waktu masak (MSK), bobot biji per genotipe (BBG), luas daun bendera (LDB) dan kehijauan daun bendera (KDB) pada mutan Dewata dan Selayar.

No	Genotipe	TA	TP	MSK	BBG	LDB	KDB
1	Dewata-K	40.82	27.50	84.78	8.37	24.92	47.82
2	Selayar-K	72.82	53.84	107.07	13.85	27.39	61.15
3	dw-1-15-1	37.93	29.07*	63.68	4.46	19.03	36.75
4	dw-2-13-2	69.45*	49.84*	67.68	19.77*	17.86	42.18
5	2dw-2-17-3	62.12*	49.29*	57.40	7.38	18.40	37.35
6	2dw-2-13-3	54.26*	31.58*	54.10	9.52*	19.90	43.15
7	2dw-7-1-1	85.27*	52.19*	73.31	12.15*	22.07	50.48
8	2dw-6-17-1	49.56*	27.30	74.43	4.74	32.97*	47.52
9	3dw-4-8-1	76.31*	54.12*	77.23	19.95*	26.67*	58.66*
10	2dw-7-10-1	74.56*	29.45	76.23	3.33	26.21*	47.13
11	3dw-6-21-1	48.22*	34.62*	68.90	14.83*	23.40	40.24
12	3dw-4-12-1	41.67*	25.35	67.68	8.40	22.56	44.77
13	dw-1-13-2	69.45*	39.29*	55.10	2.63	21.32	41.68
14	2dw-1-21-2	47.12*	25.06	69.68	3.18	21.63	42.85
15	dw-1-22-3	62.63*	39.74*	76.23	11.62*	21.26	44.95
16	2dw-7-10-1	74.56*	24.95	57.10	3.33	26.21*	47.13
17	2dw-1-27-2	75.69*	33.00*	68.90	10.59*	21.55	38.62
18	3dw-6-15-2	22.54	18.41	86.32	4.75	35.68*	37.61
19	3dw-1-4-2	65.3*	31.77*	82.23*	4.06	21.79	47.96
20	3dw-1-10-1	70.45*	39.95*	82.23*	3.77	19.73	51.73
21	sl-3-2-2	50.38	59.18*	87.32	14.94*	22.15	45.55
22	sl-2-14-2	42.89	48.91	87.32	8.11	30.68*	42.38

Ket. * = Signifikan (lebih tinggi dari kontrol (LSI) / berbeda dari kontrol.

Karakter morfologi yang signifikan menandakan bahwa tanaman tersebut memiliki keragaman yang cukup luas dan dapat menghasilkan mutan yang diinginkan seperti persentase pertumbuhan waktu panen yang lebih tinggi dari kontrol, berbedanya jumlah tangkai malai antara tanaman kontrol dan mutan Dewata dan Selayar (Gambar 1). Perbedaan karakter ini dapat

digunakan sebagai indikator perbedaan antara tanaman mutan dan kontrol. Karakter-karakter yang signifikan mempunyai karakteristik yang lebih baik sehingga dapat beradaptasi dengan lingkungan yang tercekam suhu tinggi dan memungkinkan untuk dijadikan sebagai genotipe untuk penanaman selanjutnya sampai M6 (tanaman homogen) di lingkungan dataran rendah.



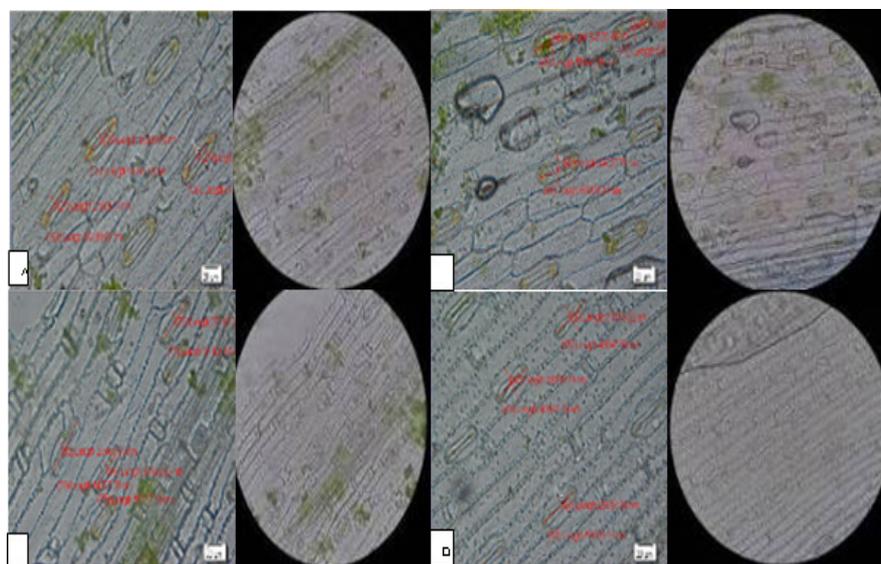
Gambar 1. Bentuk morfologi pertumbuhan tanaman gandum kontrol dan mutan pada varietas Selayar (A) dan Dewata (B) umur 2.5 bulan.

Kombinasi antara suhu dengan kelembaban, lama penyinaran, dan intensitas penyinaran serta curah hujan tinggi akan menambah tingkat cekaman terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman gandum.

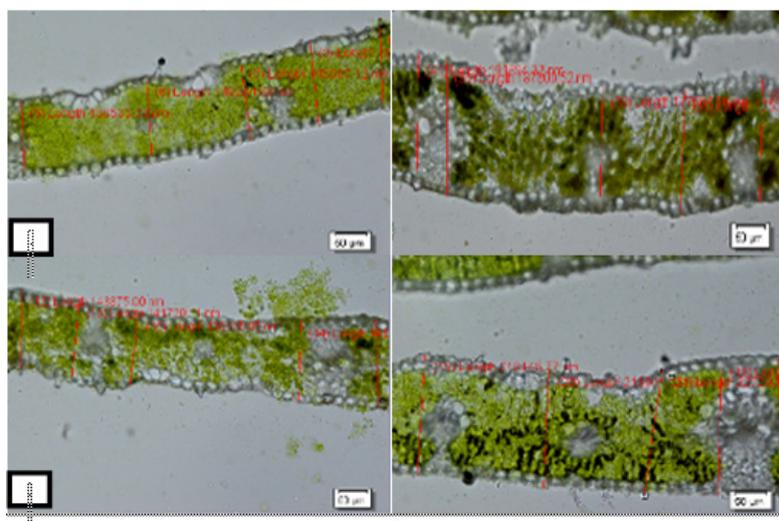
Pengaruh elevasi berpengaruh secara kumulatif terhadap fase pertumbuhan vegetatif, pembungaan, pembentukan biji, dan pengisian biji. Respon tanaman terhadap perbedaan elevasi dapat ditandai oleh menurunnya atau meningkatnya aktivitas fisiologis tanaman. Tingginya suhu yang diselingi curah hujan yang tinggi mengakibatkan masa anthesis polen menjadi memendek dan mengurangi jumlah polen viabel.²⁷ Elevasi pada areal penanaman di SEAMEO-BIOTROP

adalah ± 250 Mdpl., sehingga mempunyai suhu yang tinggi dan akan mengurangi jumlah polen serta dapat mengakibatkan jumlah hasil produksi menurun. Menurut Thuzar,²⁸ suhu tinggi dapat mengakibatkan terhambatnya perkecambahan dan pertumbuhan tabung polen, sehingga penyerbukan bunga rendah dan jumlah hasil produksi menurun.

Hasil penampilan karakteristik anatomi pada ketebalan daun dan kerapatan stomata menghasilkan toleransi nilai yang berbeda antara tanaman Dewata mutan (DW-0,3.30-2-13-3), Selayar mutan (SL-0,1.60-2-14-2) dan kontrol keduanya (Gambar 2 dan 3). Menurut Taiz & Zeiger,²⁹ Sopandie,³⁰ perbedaan ketebalan daun dan kerapatan stomata pada tanaman



Gambar 2. A) Penampilan stomata gandum kontrol Dewata, dan Selayar , B). Mutan

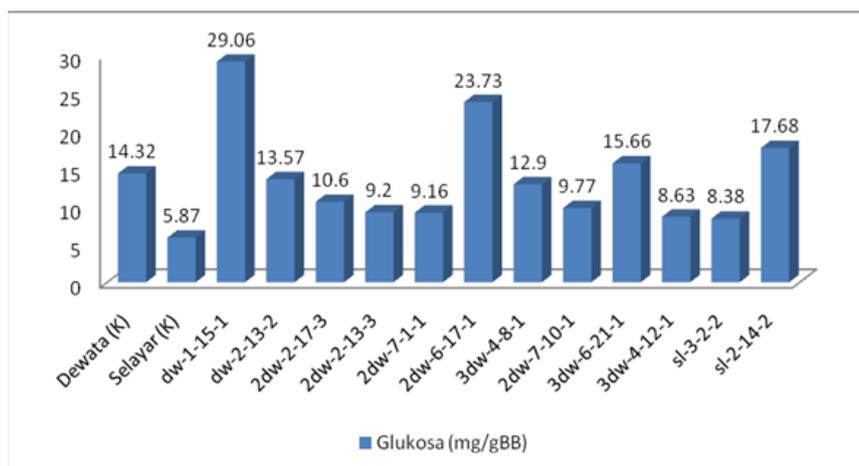


Gambar 3. A) Penampilan ketebalan daun menggunakan metode mikro teknik kontrol Dewata (kiri) dan mutan Dewata DW-0.3.30-2-13-3 (kanan). B) kontrol Selayar (kiri) dan mutan Selayar SL-0.1.60-2-14-2 (kanan)

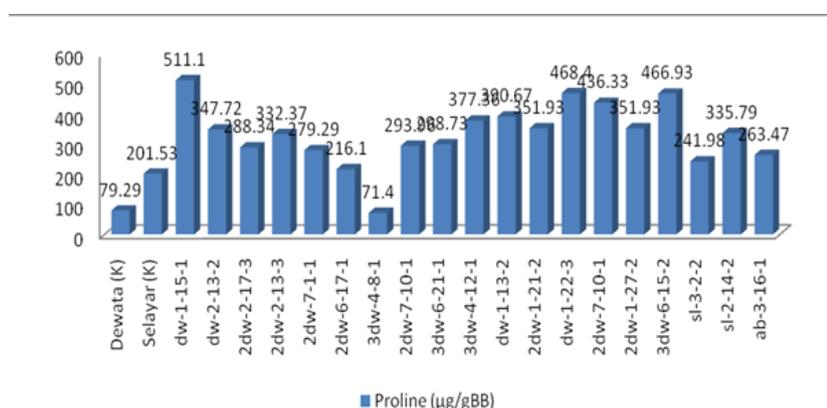
kontrol dan mutan karena adanya perbedaan dalam penyerapan unsur hara dan hilangnya air melalui proses transpirasi serta intensitas cahaya terhadap sel-sel palisade. Intensitas yang tinggi dengan suhu tinggi menyebabkan sel-sel palisade menjadi lebih panjang dan berlapis atas dua dan tiga lapisan. Peningkatan CO₂ juga dapat menyebabkan perubahan anatomi secara signifikan tetapi penelitian ini sangat terbatas.

Karakter fisiologi menunjukkan perbedaan yang signifikan pada jumlah prolin yaitu Dewata kontrol (79.29 µg/gBB) dengan mutan DW-0,3.30-2-13-3 (332.37 µg/gBB), dan Selayar kontrol (201.53 µg/gBB) dengan mutan SL-0,1.60-2-14-2 (335.79 µg/gBB). Karakter fisiologis yang berpengaruh nyata adalah hasil analisis prolin dan glukosa (Gambar 4 dan 5). Penggunaan penciri fisiologi dapat dilakukan mengukur akumulasi senyawa prolin dan glukosa dalam daun tanaman gandum.

Akumulasi senyawa prolin berkaitan dengan mekanisme tanaman untuk tetap bertahan hidup dalam kondisi tercekam suhu tinggi yang disebut penyesuaian osmotik. Hal ini menunjukkan bahwa dua mutan melakukan respon apabila mengalami cekaman suhu tinggi sebagai penyesuaian osmotik. Penelitian ini sejalan dengan hasil Patil,³¹ yang melaporkan bahwa kandungan prolin pada tanaman tebu meningkat signifikan pada kondisi tercekam kekeringan. Kandungan prolin terendah adalah ketika tanaman tebu ditanam pada irigasi normal, sedangkan aktivitas enzim nitrat reduktase tertinggi ditemukan pada perlakuan irigasi normal dan terendah pada kondisi tercekam kekeringan. Begitu juga pada tanaman klon nilam dapat mengakumulasi prolin yang tinggi sebesar 490 µg/g⁻¹ pada klon nilam harapan Sidikalang. Hasil penelitian Bandurska,³² pada tanaman barley, akumulasi prolin menjadi meningkat sepuluh kali terhadap cekaman kekeringan



Gambar 4. Hasil analisis glukosa pada gandum mutan Dewata, Selayar dan kontrol.



Gambar 5. Hasil analisis prolin pada gandum mutan Dewata, Selayar dan kontrol.

Nilai kadar glukosa juga memiliki perbedaan pula antara Dewata kontrol (14.32 mg/gBB) dengan mutan DW-0,3.30-1-15-1 (29.06 mg/gBB), Selayar kontrol (5.87 mg/gBB) dengan mutan SL-0,1.60-2-14-2 (17.68 mg/gBB). Karakter fisiologi yang digunakan untuk melengkapi data morfologi dan anatomi sehingga menghasilkan keragaan yang baik untuk menghasilkan mutan yang unggul dengan hasil produksi lebih tinggi dari tetuanya dan mempunyai bentuk yang berbeda pula.

KESIMPULAN

Penampilan karakter anatomi pada ketebalan daun dan kerapatan stomata memperlihatkan perbedaan yang nyata antara tanaman Dewata mutan (DW-0,3.30-2-13-3), Selayar mutan (SL-0,1.60-2-14-2) dengan kontrol keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa identifikasi karakteristik anatomi dapat dilakukan pada analisis ketebalan daun dan kerapatan stomata.

Nilai prolin dan kadar glukosa memiliki perbedaan yang nyata antara Dewata kontrol dengan mutan DW-0,3.30-1-15-1, dan Selayar kontrol dengan mutan SL-0,1.60-2-14-2. Tanaman gandum kontrol memiliki nilai prolin dan nilai kadar glukosa lebih rendah dibandingkan tanaman mutan.

Mutan Dewata dan Selayar dapat diseleksi berdasarkan pada bobot biji per genotipe (BBG) dan luas daun (LD) karena di kedua karakter tersebut menghasilkan lebih banyak mutan dibandingkan karakter yang lainnya, sehingga dapat digunakan untuk mendapatkan varietas gandum yang dapat beradaptasi di dataran rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepala BB-Biogen dan SEAMEO-BIOTROP atas izin dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan. Konsorsium Gandum dengan judul Perakitan gandum adaptif tropis melalui keragaman somaklonal tahun anggaran 2012–2013, (3). DIPA BB-Biogen untuk uji lapangan gandum tahun anggaran 2013–2014.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Warren, R.N., Amell, N., Nichols, R., Levy, P., dan Price, J., 2006. Understanding the Regional Impact of Climate Change. Research Report Prepared for the Stern Review, Tyndall Center Working Paper 90, Norwich. (www.tyndall.ac.uk/publications/working.paper/twp90.pdf)
- ²Danakusuma, T., 1985. Hasil penelitian Gandum dan prospek pengembangannya. *Di dalam: Subandi et al.* (Eds). Risalah Rapat Teknis Hasil Penelitian Jagung, Sorgum dan Gandum Puslitbangtan, Bogor. hlm 189–202.
- ³Reynolds, M.P., 2002. Physiological approaches to wheat breeding. Dalam: Curtis, B.C., Rajaram, S., dan Macpherson, H.G. (Ed.) *Bread wheat improvement and production*. Roma:FAO. 567 hlm.
- ⁴P3TP., 2008. *Prospek dan arah pengembangan agribisnis gandum*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- ⁵Gayatri, B., Subandi, Sutjihno, Kusuma R., 1989. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Balittan Bogor*. 1: 108–114.
- ⁶Dasmal, A., Kahar, M., dan Yusuf., 1994. Penampilan galur-galur terigu pada dua waktu tanam. *Pemberitaan Penelitian Sukarami*. 23: 8–11.
- ⁷Nur, A., 2013. *Adaptasi tanaman gandum (Triticum aestivum L.) toleran suhu tinggi dan peningkatan keragaman genetik melalui induksi mutasi dengan menggunakan irradiasi sinar gamma*. Desertasi, Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- ⁸Watanabe, N., Fujii, C., Shioto, M., dan Furuta, Y., 1991. Changes in chlorophyll, thylakoid protein and photosynthetic adaptation to sun and shade environment in diploid and tetraploid *Oryza punctuate* Kotschy and diploid *Oryza eichingeri* peter. *Plant Physiol. Biochem. Paris*. 31(4): 469–474.
- ⁹Hoogenboom, G., Peterson, C.M., dan Huck, M.G., 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. *Agron. J.* 79(4): 598–607.
- ¹⁰Sari, L., Purwito, A., Soepandi, D., Purnamaningsih, R., dan Sudarmonowati, E., 2015. The morphology, anatomy and physiology characterization of mutant wheat (*Triticum aestivum* L) “Alibey” in tropical lowland area. *J. Bio. & Env. Sci.* 6(1): 395–403.
- ¹¹Maestri, E., Klueva, N., Perrotta, C., Gulli, M., Nguyen, H.T., dan Marmiroli, N., 2002. Molecular genetics of heat tolerance and heat

- shock proteins in cereals. *Plant Mol. Biol.* 48: 667–681.
- ¹²Ferris, R., Ellis, R.H., Wheeler, T.R., dan Hadley, P., 1999. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field grown crops of wheat. *Plant Cell Environ.* 34: 67–78.
- ¹³Sakin, 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.
- ¹⁴Luan, Y.S., Juan, Z., Gao, R.X., dan An, L.J., 2007. Mutation induced by ethylmethanesulphonate (EMS) in vitro screening for salt tolerance and plant regeneration of sweet potato (*Ipomea batatas* L.). *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 88(1): 77–81.
- ¹⁵Van Harten, A.M., 1998. *Mutation Breeding: Theory and Practical Applications*. New York. Cambridge Univ Pr. 353 hlm.
- ¹⁶Viswanathan, P., dan Reddy, V.R.K., 1996. Genetics of early flowering mutants intriticales. *Acta Agronomica Hungaria* 46(4): 389–391.
- ¹⁷Petersen, R.G., 1994. *Agricultural Field Experiments, Design and Analysis*. New York. USA: Marcel Dekker Inc.
- ¹⁸Capellades, M., Fontarnau, R., Carulla C., dan 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.
- ¹⁹Bates, L.S., Waldren, R.P., dan Teare., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plan Soils* 39: 205–207.
- ²⁰World Development Report., 2008. Global Warming. Adaptasi Pertanian dalam Pemanasan Global. (<http://www.michellehenry.fr/warming40.gif>)
- ²¹Sari L, Purwito, A., Soepandi, D., Purnamaningsih, R., dan Sudarmonowati, E., 2014. Wheat (*Triticum aestivum* L.) mutants throught in vitro selection tolerant on lowland tropic. *Int. J. Agri. Res.* 5(5):189–199.
- ²²Handoko. 2007. *Penelitian dan Pengembangan Gandum di Indonesia*. Seameo-Biotrop. Bogor. Indonesia. 118 hlm.
- ²³[BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika., 2013. Data iklim Bogor Tahun 2013. Bogor (ID): Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor.
- ²⁴Van Ginkel, M., dan Villareal, R.L., 1996. *Triticum* L., In Grubben GJH, Partohardjono S.(Eds.). *Plant resource of South-East Asia (PROSEA)*, No.10. Cereals. Leiden, Netherland: Backhuys Publiser. p.137-143.
- ²⁵Dolferus, R., Xuemei, J.I., dan Richard, A.R., 2011. Abiotic stress and control of grain number in cereal. *Plant Sci.* 181:331–341.
- ²⁶Savicka, M., dan Skute, N., 2012. Some morphological, physiological and biochemical characteristics of wheat seedling *Triticum aestivum* L. organs after high-temperature treatment. *Ekologija* 58(1):9–12.
- ²⁷Ivory, D.A., 1989. Site karakteristik in De lacy,LH. (Ed). 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. 17–24 hlm.
- ²⁸Thuzar, M., Puteh, S.B., Abdullah, N.A.P., Mohd Lassim, M.B., dan Jusoff, K., 2010. The effect temperature stress on the quality and yield of soya bean (*Glycine max*.L.Merril.). *J. Of Agriculture Science.* 2(1):172–179.
- ²⁹Taiz, L, dan Zeiger, E., 2002. *Plant Physiology*. Third edition. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.
- ³⁰Sopandie, D., 2014. *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. Bogor: IPB Press. P.228.
- ³¹Patil, R.P., 2008. *Physiological approaches for drought tolerance in sugarcane*. Disertasion. University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- ³²Bandurska, H., 2000. Does proline accumulated in leaves of water devicit stressed barley plant confine cell membrane injury? I. Free proline accumulation and membran injury index in drought and osmotically stressed plant. *Acta Physiologiae Plantarum* 22(4):409–415.