

Penggunaan Benzil Amino Purin dan Boron untuk Meningkatkan Produksi dan Mutu Benih *True Shallots Seed* Bawang Merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) di Dataran Tinggi

Rosliani, R¹⁾, Palupi, ER²⁾, dan Hilman, Y³⁾

¹⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung 40391

²⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680

³⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Jl. Ragunan 29A, Pasarminggu, Jakarta 12540

Naskah diterima tanggal 7 Mei 2012 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 1 Agustus 2012

ABSTRAK. Penggunaan umbi benih untuk bahan perbanyakan bawang merah mempunyai beberapa masalah, antara lain ketidakterdediaan benih bermutu, produktivitas rendah, dan mahal. Salah satu alternatif teknologi yang potensial untuk dikembangkan sebagai benih ialah penggunaan biji botani atau *true shallots seed* (TSS). Penelitian dilakukan untuk memproduksi benih bawang merah TSS di dataran tinggi melalui peningkatan pembungaan dan viabilitas serbuk sari menggunakan BAP dan boron. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang, Jawa Barat (ketinggian 1.250 m dpl.) dari Bulan Agustus 2011 sampai dengan Februari 2012. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu acak kelompok faktorial dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas dua faktor, yaitu aplikasi benzil amino purin (BAP) 0, 50, 100, 150, dan 200 ppm dan boron 0, 1, 2, 3, dan 4 kg/ha. Aplikasi BAP diberikan tiga kali pada umur 1, 3, dan 5 minggu setelah tanam (MST), dan boron pada umur 3, 5, dan 7 MST. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi BAP dapat meningkatkan pembungaan, viabilitas serbuk sari bawang merah, dan produksi benih TSS tetapi tidak meningkatkan mutu benih, sedangkan aplikasi boron efektif meningkatkan semua variabel yang diamati termasuk mutu benih TSS. Konsentrasi BAP yang optimum untuk menghasilkan produksi benih TSS ialah 37,5 ppm, sedangkan dosis boron yang optimum untuk menghasilkan bobot benih per plot yang tinggi dengan mutu benih sesuai standar sertifikasi mutu yaitu 2,88 kg/ha. Hasil yang diperoleh pada perlakuan boron memberikan peningkatan sebesar 165,69% daripada kontrol. Hasil penelitian ini memberikan informasi teknologi produksi TSS yang dapat dikembangkan untuk memproduksi benih TSS bermutu tinggi.

Katakunci: *Allium cepa* var. *ascalonicum*; Bobot benih; Daya kecambah; Induksi pembungaan; Viabilitas serbuk sari

ABSTRACT. Rosliani, R, Palupi, ER, and Hilman, Y 2012. **Benzyl Amino Purine and Boron Application for Improving Production and Quality of True Shallots Seed (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) in Highlands.** The use of bulb for propagation material of shallots has several problems including unavailability of quality seeds, low productivity, and expensive. One of the potential alternative technologies to be developed as seed is using true shallots seed (TSS). The aimed of research was to produce TSS in the highlands through increased flowering and pollen viability by using benzyl amino purine (BAP) and boron. The study was conducted at the Experimental Field, Indonesian Vegetable Research Institute (IVEGRI) in Lembang, West Java (altitude 1,250 m asl.), from August 2011 to February 2012. The factorial experiment was arranged in a randomized block design with three replications. The treatments consists of two factors, namely the application of BAP 0, 50, 100, 150, and 200 ppm and boron (0, 1, 2, 3, and 4 kg/ha). Benzyl amino purine application was given three times at 1, 3, and 5 weeks after planting (WAP), and boron at 3, 5, and 7 WAP. The results showed that application of BAP improved flowering, pollen viability, and seed production of TSS but did not improve seed quality, while boron application effectively increased all variables including the seed quality of TSS. The efficient concentration of BAP to improve TSS seed weight per plot was 37.5 ppm, while the optimum concentration of boron to improve TSS seed production with the good seed quality (according to the certification standards of seed quality) was 2.88 kg/ha. The yield obtained in the treatment of boron gave an increase of 165.69% compared to the control. The results provide information about TSS production techniques that can be developed to produce the high seed quality of TSS.

Keywords: *Allium cepa* var. *ascalonicum*; Seed weight; Germination percentage; Flowering induction; Pollen viability

Bawang merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum* L.) termasuk tanaman sayuran yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Pada umumnya bahan perbanyakan bawang merah menggunakan umbi bibit sebagai benih. Penggunaan biji botani (TSS = *true shallots seed*) sebagai benih untuk bahan perbanyakan tanaman bawang merah merupakan salah satu alternatif yang perlu dikembangkan. Menurut Basuki (2009) penggunaan biji botani (TSS) dalam produksi bawang merah lebih menguntungkan daripada penggunaan umbi karena produktivitas tanaman dari biji lebih tinggi. Penggunaan TSS dapat meningkatkan produktivitas tanaman sampai 100% dibandingkan

dengan penggunaan umbi. Keuntungan lainnya ialah volume kebutuhan benih TSS lebih sedikit ($\pm 2-3$ kg/ha) dibandingkan dengan benih yang berasal dari umbi ($\pm 1-1,2$ t/ha) (Ridwan *et al.* 1989, Permadi & Putrasamedja 1991, Basuki 2009), sehingga mempermudah penanganannya.

Kendala utama produksi TSS di Indonesia ialah tingkat pembungaan dan pembentukan biji yang rendah. Rendahnya pembungaan bawang merah diduga karena kondisi lingkungan di Indonesia yang tidak mendukung untuk terjadinya inisiasi pembungaan yang memerlukan panjang hari >12 jam dan suhu udara $\leq 18^\circ\text{C}$ (Sumiati 1997). Hasil penelitian Putrasamedja

BAHAN DAN METODE

& Permadi (1994) menunjukkan bahwa penanaman bawang merah di dataran tinggi Cipanas menghasilkan pembungaan di atas 70% untuk varietas Bima Brebes, Cipanas, Kuning Tablet, dan Kuning Sidapura. Sumarni *et al.* (2009) menambahkan bahwa kondisi lingkungan yang dapat merangsang pembungaan bawang merah (suhu 18°C) berada di dataran tinggi, di atas 1000 m dpl. Beberapa perlakuan induksi pembungaan dilakukan oleh Satjadipura (1990), Sumarni & Soetiarso (1998), Sumarni & Sumiati (2001), dan Rosliani *et al.* (2005) mencakup ketepatan waktu tanam, vernalisasi umbi, dan penggunaan umbi berukuran besar yang dapat meningkatkan pembungaan bawang merah.

Peningkatan pembungaan tidak selalu diikuti dengan produksi biji yang tinggi. Serbuk sari yang viabel merupakan syarat untuk pembentukan biji dan buah (Shivanna & Sawhney 1997). Pada bawang bombay varietas Rijnsburger genus *Allium* grup agregatum, terdapat viabilitas serbuk sari yang rendah (Ockendon & Gates 1976). Viabilitas serbuk sari dan pertumbuhan tabung serbuk sari yang meningkat dengan pemupukan boron telah diteliti pada padi (Garg *et al.* 1979), dan *Medicago sativa* (Misra & Patil 1987, Blevins & Lukaszewski 1998). Aplikasi boron dapat meningkatkan produksi tomat (Meena 2010) dan brokoli (Firoz *et al.* 2008), terutama pada dosis 1–2 kg/ha.

Upaya meningkatkan pembungaan dan pembentukan biji juga dapat dilakukan dengan aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) dari golongan sitokinin (Werner *et al.* 2001). Salah satu golongan sitokinin yang aktif memengaruhi proses-proses fisiologis tanaman, seperti pembelahan dan pembesaran sel, ialah benzil amino purin (BAP). Benzil amino purin pada konsentrasi 50 ppm dapat meningkatkan pembungaan dan produksi biji *Cajanus cajan* (Barclay & McDavid 1998) dan kedelai (Youngkoo *et al.* 2006).

Hipotesis penelitian ialah kombinasi konsentrasi BAP dengan dosis boron yang tepat dapat meningkatkan pembungaan, viabilitas serbuk sari, produksi, dan mutu benih TSS di dataran tinggi. Aplikasi BAP maupun boron yang tepat dapat memengaruhi peningkatan pembungaan, viabilitas serbuk sari maupun produksi, dan mutu benih TSS. Tujuan penelitian ialah memproduksi benih bawang merah di dataran tinggi melalui peningkatan pembungaan dan viabilitas serbuk sari menggunakan BAP dan boron. Dari hasil penelitian ini diharapkan diperoleh teknik budidaya untuk produksi benih bawang merah di dataran tinggi.

Penelitian ini dilaksanakan dari Bulan Agustus 2011 sampai dengan Februari 2012 di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) Lembang dengan ketinggian tempat 1250 m dpl.. Pengamatan viabilitas serbuk sari dan mutu benih TSS dilakukan di Laboratorium Penyakit dan Laboratorium Benih Balitsa.

Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama ialah konsentrasi BAP terdiri atas lima taraf yaitu 0, 50, 100, 150, dan 200 ppm. Faktor kedua ialah dosis boron terdiri atas lima taraf yaitu 0, 1, 2, 3, dan 4 kg/ha. Dari kedua faktor tersebut diperoleh 25 kombinasi perlakuan dan tiap kombinasi perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 75 satuan percobaan. Tiap satuan percobaan terdiri atas 12 tanaman, sehingga diperlukan 900 tanaman. Tanaman yang digunakan berasal dari umbi. Perlakuan BAP disiramkan tiga kali yaitu pada umur 1, 3, dan 5 minggu setelah tanam (MST) sebanyak 100 ml setiap polibag, sedangkan pemupukan boron dilakukan tiga kali pada umur 3, 5, dan 7 MST dengan cara yang sama seperti aplikasi BAP.

Analisis ragam pengaruh perlakuan dilakukan menggunakan program SAS (*statistical analysis system*) dengan uji lanjut menggunakan *duncan multiple range test* pada $\alpha = 0,05$. Kurva respons digunakan untuk menentukan konsentrasi BAP dan dosis boron yang optimum dari bobot benih TSS per plot. Umbi bawang merah varietas Bima yang digunakan berukuran 5–7 g per umbi. Sebelum ditanam umbi divernalisasi pada suhu 10°C selama 4 minggu. Bawang merah ditanam pada polibag berisi 8 kg tanah dan kotoran ayam. Pupuk NPK digunakan dosis 600 kg/ha. Pengendalian ulat bawang dilakukan menggunakan insektisida selektif berbahan aktif abamektin dan spinosad sesuai anjuran, sedangkan untuk mengendalikan serangan penyakit bercak ungu yang disebabkan cendawan *Alternaria porri* sp. digunakan fungisida selektif berbahan aktif difenoconazol sesuai anjuran.

Pengamatan produksi bunga dan buah meliputi periode berbunga yaitu lamanya waktu tanaman menghasilkan umbel, persentase tanaman berbunga yaitu banyaknya tanaman yang menghasilkan bunga dalam setiap plot, jumlah umbel per rumpun yaitu banyaknya umbel yang muncul dari anakan setiap rumpun, jumlah bunga per umbel yaitu banyaknya bunga yang terbentuk dalam satu umbel, jumlah buah per umbel yaitu banyaknya buah yang terbentuk dalam satu umbel, dan persentase pembentukan buah (*fruitset*) yaitu proporsi bunga menjadi buah.

Pengamatan viabilitas serbuk sari dilakukan dua kali yaitu pada waktu antesis dan 1 hari setelah antesis. Penghitungan viabilitas serbuk sari didasarkan pada persentase serbuk sari yang berkecambah (viabel) dengan ciri serbuk sari yang berkecambah berbentuk tabung sepanjang minimal sama dengan diameter serbuk sari. Pengamatan produksi TSS meliputi bobot per umbel yaitu rerata berat benih TSS setiap umbel sampel, bobot per rumpun yaitu rerata berat benih TSS dari total umbel setiap rumpun sampel dan bobot per plot yaitu berat benih TSS total dari 12 rumpun. Pengamatan mutu TSS meliputi daya berkecambah (DB) yaitu persentase dari jumlah benih normal pada hitungan kesatu (6 HST) dan hitungan kedua (12 HST) terhadap total benih yang ditanam. Standar sertifikasi mutu benih TSS ialah DB mencapai 75% (Direktorat Bina Perbenihan 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembungaan dan Pembentukan Buah

Tidak terjadi interaksi antara konsentrasi BAP dengan dosis boron terhadap peubah komponen pembungaan dan pembentukan buah.

Secara independen, aplikasi BAP memengaruhi persentase tanaman berbunga, jumlah bunga per umbel, dan jumlah buah per umbel, tetapi tidak berpengaruh terhadap periode berbunga, jumlah umbel per rumpun, dan persentase pembentukan buah (*fruitset*) (Tabel 1 dan 2).

Periode pembungaan tidak dipengaruhi oleh aplikasi BAP, kemungkinan karena kondisi lingkungan yang mendukung dapat mengurangi pengaruh BAP terhadap percepatan tanaman berbunga. Benzil amino purin pada konsentrasi rendah dapat meningkatkan persentase tanaman berbunga dan jumlah bunga per umbel. Jumlah tanaman berbunga yang tinggi (97,22%) diperoleh dari perlakuan BAP 50 ppm, lebih tinggi daripada kontrol (91,11%) (Tabel 1), sedangkan jumlah bunga per umbel tertinggi diperoleh dari perlakuan BAP 100 ppm (Tabel 2). Pengaruh positif BAP terhadap peningkatan produksi bunga kemungkinan disebabkan aktivitas sitokinin pada jaringan meristematik, yaitu meristem apikal bawang merah. Pengaruh BAP ini juga dijelaskan oleh Prat *et al.* (2008), yang menggambarkan pengaruh benzil adenin atau benzil amino purin pada perluasan zona meristematik aksilar pada tanaman jojoba. Werner *et al.* (2001) menyatakan bahwa sitokinin mempunyai peran penting dalam morfogenesis meristem *Nicotiana tabacum* yang meningkatkan ukuran meristem, sehingga kemungkinan berkembangnya meristem bunga lebih besar. Namun aplikasi BAP pada berbagai

konsentrasi tidak memengaruhi terhadap peningkatan jumlah umbel per rumpun. Artinya BAP tidak merangsang lebih banyak anakan untuk menghasilkan tunas umbel. Kemungkinan BAP lebih berperan pada peningkatan ukuran meristem yang berdiferensiasi menghasilkan jumlah bunga per umbel daripada merangsang anakan yang berumbel.

Pada konsentrasi yang lebih tinggi peningkatan produksi bunga menurun dan pada konsentrasi 200 ppm BAP menghambat pembungaan bawang merah (Tabel 1), yang menghasilkan tanaman berbunga sebesar 89,44% atau turun sekitar 1,67% dari kontrol. Hal ini terjadi karena ZPT diketahui dapat mendorong pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada konsentrasi rendah tetapi pada konsentrasi yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman, sebagaimana dijelaskan oleh Davies (2004). Data ini menunjukkan bahwa BAP 50 ppm merupakan konsentrasi optimum untuk mendorong pembungaan bawang merah.

Benzil amino purin konsentrasi 50 dan 100 ppm meningkatkan jumlah bunga per umbel, tetapi tidak mampu meningkatkan jumlah buah per umbel. Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa persentase *fruitset* tidak dipengaruhi oleh pemberian BAP (Tabel 2) dengan rerata 53,86%. Hasil ini memberi indikasi bahwa proporsi bunga yang menjadi buah konstan dan dikendalikan oleh tanaman induknya, sebagaimana dilaporkan oleh Roversi *et al.* (1984) pada tanaman *sweet cherry*. Walaupun demikian, hal ini perlu diverifikasi lebih lanjut.

Pemberian boron meningkatkan jumlah umbel per rumpun, jumlah bunga per umbel, dan jumlah buah per umbel, tetapi tidak berpengaruh terhadap waktu berbunga, persentase tanaman berbunga, dan proporsi bunga yang menjadi buah (Tabel 1 dan 2).

Seperti halnya pada BAP, waktu berbunga tidak dipengaruhi oleh aplikasi boron. Hal ini menunjukkan bahwa waktu berbunga lebih berhubungan dengan kondisi lingkungan. Boron dengan dosis 1–4 kg/ha dapat meningkatkan jumlah umbel dengan kisaran 3,4–3,6 umbel per rumpun, lebih banyak dibandingkan umbel yang dihasilkan tanaman kontrol sebanyak 2,9 umbel per rumpun. Peningkatan tersebut diikuti oleh peningkatan jumlah bunga per umbel dan jumlah buah per umbel yang masing-masing meningkat sekitar 8,8–11,2% (9–14 bunga per umbel) dan 14,1–23,9% (sekitar 7,4–12,5 buah per umbel) daripada kontrol. Peran boron dalam merangsang pembungaan dan pembentukan buah dikarenakan boron merupakan unsur mikro yang berhubungan dengan metabolisme hormon auksin (Amanullah *et al.* 2010). Menurut Davies (2004), hormon auksin mempunyai efek

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi BAP dan dosis boron terhadap periode berbunga, persentase tanaman berbunga, dan jumlah umbel per rumpun (*The effect of BAP concentration and boron dosage on flowering period, the percentage of flowering plant, and amount of umbel per clump*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Periode berbunga (<i>Flowering time</i>) Hari (<i>Days</i>)	Tanaman berbunga (<i>Flowering plant</i>), %	Jumlah umbel per rumpun (<i>Amount of umbel per clump</i>)
Konsentrasi BAP (<i>BAP concentration</i>), ppm			
0	51,6 a	91,11 bc	3,4 a
50	54,4 a	97,22 a	3,1 a
100	53,5 a	95,56 ab	3,4 a
150	52,3 a	93,89 ab	3,3 a
200	52,9 a	89,44 c	3,6 a
Dosis boron (<i>Boron dosage</i>), kg/ha			
0	53,4 a	93,89 a	2,9 b
1	52,9 a	92,78 a	3,4 a
2	54,5 a	92,78 a	3,6 a
3	51,2 a	93,89 a	3,4 a
4	52,7 a	93,89 a	3,5 a
BAP x boron	tn (<i>ns</i>)	tn (<i>ns</i>)	tn (<i>ns</i>)
KK (<i>CV</i>), %	15,34	7,61	16,47

tn (*ns*) = tidak nyata (*no significant*)

dalam mendorong pembungaan dan pertumbuhan bagian-bagian bunga serta menginduksi pembentukan buah. Sebagaimana pada pemberian BAP, pemberian boron juga tidak memengaruhi persentase bunga menjadi buah. Data ini memperkuat indikasi adanya pengendalian proporsi bunga menjadi buah oleh tanaman induk.

Viabilitas dan Jumlah Serbuk Sari

Viabilitas serbuk sari dipengaruhi oleh waktu pengambilan serbuk sari, yaitu pada saat bunga mekar penuh (antesis) atau 1 hari setelah antesis (Tabel 3). Viabilitas serbuk sari pada saat bunga mekar (1,5%) lebih rendah daripada 1 hari setelah bunga mekar (5,8%). Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi BAP dan dosis boron terhadap jumlah bunga per umbel, jumlah buah per umbel, dan persentase pembentukan buah (*The effect of BAP concentration and boron dosage on amount of floret per umbel, amount of fruit per umbel, and percentage of fruitset*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Jumlah bunga per umbel (<i>Amount of floret per umbel</i>)	Jumlah buah per umbel (<i>Amount of fruit per umbel</i>)	Pembentukan buah (<i>Fruitset</i>), %
Konsentrasi BAP (<i>BAP concentration</i>), ppm			
0	108,1 c	62,3 ab	57,05 a
50	113,8 ab	55,9 b	48,95 a
100	116,5 a	66,6 a	57,15 a
150	113,0 abc	64,7 a	55,89 a
200	108,9 bc	54,9 b	50,24 a
Rerata (<i>Average</i>)			<u>53,86</u>
Dosis boron (<i>Boron dosage</i>), kg/ha			
0	103,9 b	52,4 b	47,55 a
1	114,4 a	59,8 a	53,78 a
2	113,5 a	64,9 a	57,76 a
3	115,5 a	64,1 a	55,60 a
4	113,0 a	63,1 a	54,61 a
Rerata (<i>Average</i>)			<u>53,86</u>
BAP x boron	tn (<i>ns</i>)	tn (<i>ns</i>)	tn (<i>ns</i>)
KK (<i>CV</i>), %	5,85	16,71	22,21

Tabel 3. Pengaruh konsentrasi BAP dan dosis boron terhadap viabilitas dan jumlah serbuk sari per antera (The effect of BAP concentration and boron dosage on viability and amount of pollen per anther)

Perlakuan (Treatments)	Viabilitas serbuk sari* (Pollen viability), %	Jumlah serbuk sari per antera (Amount of pollen per anther)
Waktu pengamatan (Observation time)		
1 hari setelah bunga mekar (1 day after anthesis)	5,83 a	
Pada waktu bunga mekar (At the time of blooming flowers)	1,48 b	
Konsentrasi BAP (BAP concentration), ppm		
0	0,76 c	841,1 b
50	2,61 bc	792,3 b
100	2,84 b	866,1 ab
150	3,67 b	812,5 b
200	8,40 a	925,8 a
Dosis boron (Boron dosage), kg/ha		
0	1,66 b	809,4 b
1	2,16 b	815,3 ab
2	2,31 b	833,5 ab
3	3,91 b	881,2 ab
4	8,24 a	898,4 a
BAP x boron	tn (ns)	tn (ns)
KK (CV), %	26,95	18,39

* transformasi (transformation) $\sqrt{x + 0,5}$

bahwa anter pecah 22–26 jam setelah bunga mekar. Data ini menunjukkan bahwa serbuk sari masih belum masak pada saat bunga mekar (antesis). Secara umum viabilitas serbuk sari bawang merah tergolong rendah yaitu sebesar 5,83% untuk pengambilan serbuk sari pada waktu 1 hari setelah bunga mekar dan 1,48% pada waktu bunga mekar. Hasil penelitian Ockendon & Gates (1976) pada tanaman bawang bombay var. Rijnsburger menunjukkan inviabilitas serbuk sari yang sangat tinggi. Serbuk sari yang tidak viabel mencapai 67,46%, sedangkan serbuk sari dengan viabilitas antara 1–20% mencapai 20,8% walaupun tanaman fertil jantan secara normal.

Pemberian BAP dengan konsentrasi yang semakin tinggi meningkatkan viabilitas serbuk sari. Peningkatan viabilitas serbuk sari mulai terjadi pada konsentrasi BAP 100 ppm, sedangkan untuk jumlah serbuk sari peningkatan yang signifikan terjadi pada konsentrasi BAP 200 ppm. Pada konsentrasi BAP 200 ppm diperoleh viabilitas (rerata 8,40%) dan jumlah serbuk sari per anter tertinggi (925,8 butir). Peningkatan viabilitas serbuk sari sejalan dengan peningkatan konsentrasi BAP yang digunakan dalam penelitian ini. Penggunaan BAP pada konsentrasi yang lebih tinggi dari 200 ppm perlu dikaji untuk mempelajari pengaruhnya terhadap peningkatan viabilitas dan jumlah serbuk sari yang dihasilkan. Salah satu peran BAP yang penting ialah pembelahan dan pembesaran sel (Davies 2004). Pemberian BAP diduga menyebabkan pembelahan sel terjadi pada sel-sel tapetum pada mikrospora yang berfungsi

mensuplai nutrisi untuk perkecambahan serbuk sari dan menghasilkan enzim *callose* untuk pemisahan serbuk sari dari bentuk tetrad.

Boron memberikan pengaruh yang positif terhadap peningkatan viabilitas (Gambar 1) dan jumlah serbuk sari. Aplikasi boron dengan konsentrasi 4 kg/ha meningkatkan viabilitas dan jumlah serbuk sari. Boron merupakan bagian integral dari siklus reproduksi tanaman antara lain dalam produksi serbuk sari dan perkecambahannya (Keefe 1998). Garg *et al.* (1979) menyatakan bahwa perbaikan viabilitas serbuk sari pada tanaman padi merupakan efek stimulasi boron yang berhubungan erat dengan peningkatan ketersediaan gula, aktivitas enzimatis, dan respirasi yang diperlukan untuk perbaikan pertumbuhan serbuk sari. Namun konsentrasi boron yang tinggi menimbulkan efek menghambat yang disebabkan karena depresi fisiologis dan kerusakan pada protoplasma. Kerusakan protoplasma diduga karena membran plasma yang rusak menyebabkan aktivitas H⁺-ATP-ase terhambat. Orbemeyer & Blatt *dalam* Wang *et al.* 2003 melaporkan bahwa boron memengaruhi aktivitas H⁺-ATP-ase untuk menginisiasi perkecambahan dan pertumbuhan tabung serbuk sari.

Produksi Benih TSS

Aplikasi BAP berpengaruh terhadap produksi benih TSS yaitu bobot benih per rumpun, bobot benih per plot, dan persentase benih bernas (Tabel 4). Ada indikasi konsentrasi BAP yang semakin tinggi berpotensi menurunkan produksi benih, baik per

Tabel 4. Pengaruh konsentrasi BAP dan dosis boron terhadap jumlah dan bobot benih per umbel, bobot benih per rumpun, persentase benih bernas, dan bobot benih total per plot (*The effect of BAP concentration and boron dosage on amount and weight of seed per umbel, weight of seed per clump, percentage of filled seed, and total weight of seed per plot*)

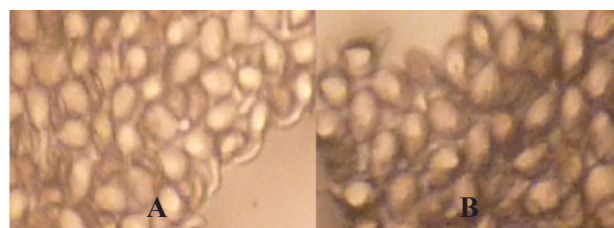
Perlakuan (Treatments)	Jumlah benih per umbel (Amount of seed per umbel)	Bobot benih per umbel (Weight of seed per umbel), g	Bobot benih per rumpun (Weight of seed per clump), g	Persentase benih bernas (Percentage of filled seed), %	Bobot benih total per plot (Total weight of seed per plot), g/12 rumpun (clump)
Konsentrasi BAP (BAP concentration), ppm					
0	156,7 a	0,435 a	0,967 ab	78,30 b	11,051 a
50	161,8 a	0,420 a	0,784 bc	83,26 a	9,079 bc
100	174,1 a	0,476 a	1,023 a	81,68 ab	11,123 a
150	157,4 a	0,424 a	0,894 abc	82,17 ab	10,030 ab
200	134,3 a	0,373 a	0,758 c	86,12 a	7,977 c
Rerata (Average)	152,6	0,426			
Dosis boron (Boron dosage), kg/ha					
0	121,5 b	0,335 b	0,567 b	81,44 a	5,851 c
1	155,8 a	0,408 ab	0,882 a	81,81 a	9,830 b
2	158,5 a	0,467 a	0,938 a	83,16 a	10,803 ab
3	182,8 a	0,477 a	1,054 a	83,49 a	11,833 a
4	165,7 a	0,441 a	0,984 a	81,62 a	10,943 ab
BAP x boron	tn (ns)	tn (ns)	tn (ns)	tn (ns)	tn (ns)
KK (CV), %	28,23	25,22	26,94	6,82	22,03

rumpun maupun per plot. Meskipun jumlah tanaman berbunga dan jumlah bunga per umbel (Tabel 1 dan 2) serta viabilitas serbuk sari (Tabel 3) meningkat dengan aplikasi BAP sampai konsentrasi tertentu, namun secara umum benih yang dihasilkan tidak berbeda nyata (Tabel 4) dengan kontrol bahkan pada konsentrasi 200 ppm bobot benih per rumpun dan per plot nyata lebih rendah. Dalam hal ini peningkatan produksi bunga yang dihasilkan dengan aplikasi BAP tidak cukup tinggi, sehingga dengan persentase pembentukan buah yang tidak berbeda nyata pada semua perlakuan menghasilkan jumlah dan bobot benih per umbel yang tidak berbeda pula. Hasil serupa juga terjadi pada tanaman *Simmondsia chinensis* (Link) Schneider yang diberi BAP (Prat et al. 2008), yang diduga karena adanya kompetisi. Ketika intensitas pembungaan lebih tinggi, kompetisi yang terjadi untuk memperoleh metabolit juga lebih tinggi, sehingga translokasi ke masing-masing bunga untuk berkembang menjadi buah lebih rendah.

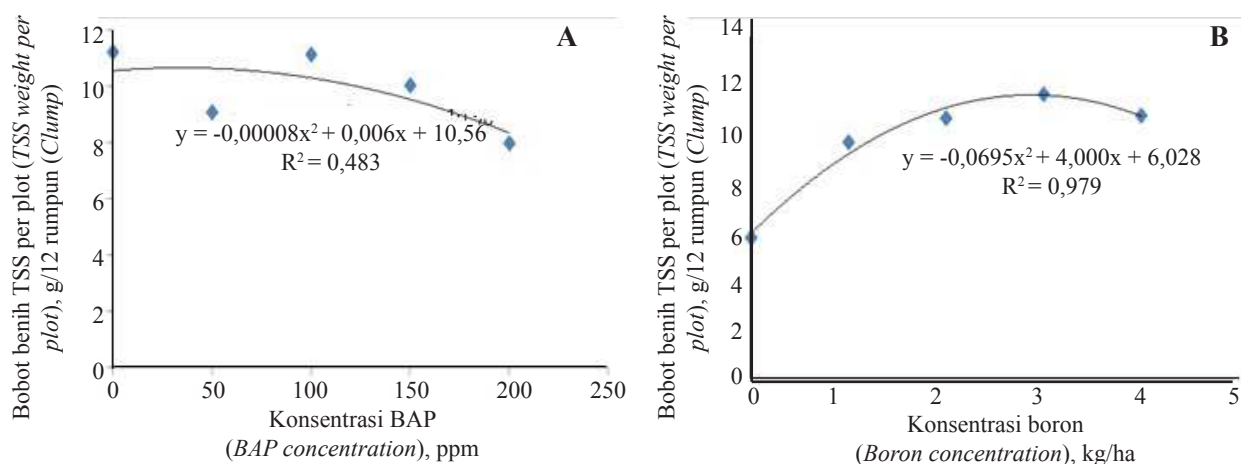
Respons bobot benih per plot sedikit dipengaruhi oleh BAP ($R^2=0,483$) dengan pola pengaruh bersifat kuadratik di mana konsentrasi BAP yang optimum ialah 37,5 ppm untuk menghasilkan bobot benih TSS sebesar 10,672 g/12 rumpun ($Y = -0,00008x^2 + 0,006x + 10,56$) (Gambar 2A). Benzil amino purin pada konsentrasi 200 ppm justru menghambat produksi benih TSS dengan penurunan bobot benih total per plot sebanyak 27,82%. Pemberian BAP hanya berpengaruh positif terhadap persentase benih bernas, di mana

persentase benih bernas pada tanaman yang mendapat perlakuan BAP 4–5% lebih tinggi daripada kontrol.

Aplikasi boron meningkatkan jumlah biji per umbel, bobot biji per umbel, bobot benih per rumpun, dan bobot benih per plot (Tabel 4), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap persentase benih bernas. Semakin tinggi dosis boron, maka semakin tinggi bobot benih per plot. Seperti halnya pada perlakuan BAP, pola pengaruh boron juga bersifat kuadratik tetapi pengaruh boron sangat kuat responsnya terhadap peningkatan bobot benih per plot ($R^2 = 0,979$), dengan dosis boron optimum 2,88 kg/ha untuk menghasilkan bobot benih TSS sebesar 15,546 g/12 rumpun (Gambar 2B) atau setara dengan 272 kg/ha (populasi tanaman 210.000/ha). Peningkatan hasil yang dicapai pada dosis tersebut sekitar 165,69%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa



Gambar 1. Perkecambahan serbuk sari dari tanaman yang diberi perlakuan boron (A), lebih banyak daripada tanaman kontrol (B) (*Pollen germination from plants treated by boron (A), more than the control plant (B)*)



Gambar 2. Kurva respons bobot benih bawang merah terhadap konsentrasi BAP (A) dan terhadap dosis boron (B) (Response curve of shallots seed weight on BAP concentration (A) and on boron dosage (B))

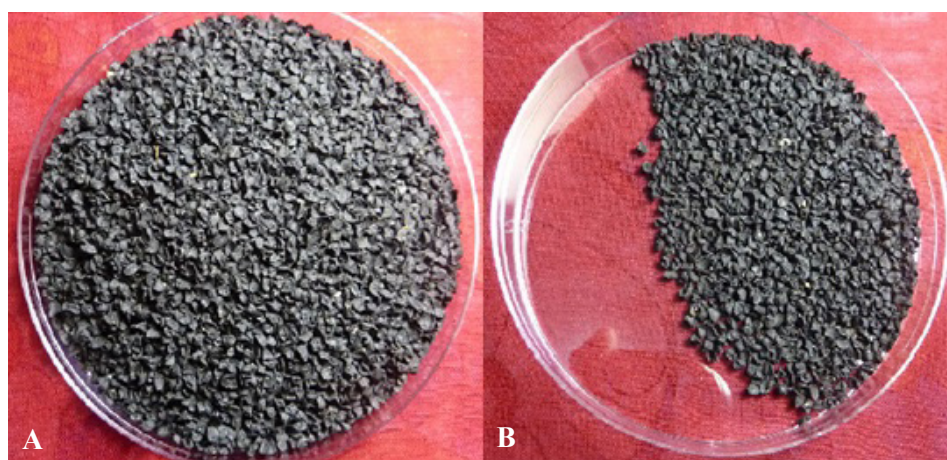
berat benih TSS yang meningkat disebabkan oleh peningkatan jumlah umbel per rumpun, jumlah bunga per umbel dan jumlah buah per umbel (Tabel 1 dan 2) yang nyata, selain karena adanya peningkatan viabilitas dan jumlah serbuk sari (Tabel 3). Menurut Misra & Patil (1987), boron dapat meningkatkan berat benih dengan merangsang proses-proses fisiologis selama fase reproduksi, terutama proses perkecambahan serbuk sari dan pemanjangan tabung serbuk sari. Boron juga terlibat dalam sistem translokasi karbohidrat dalam tanaman termasuk pengisian biji (Amanullah *et al.* 2010).

Mutu Benih TSS

Aplikasi BAP tidak berpengaruh terhadap mutu benih TSS. Hal ini diduga berkaitan dengan aplikasi BAP yang diberikan pada tanaman, di mana peran BAP dalam penelitian ini ialah untuk pembelahan sel pada jaringan meristematik tunas apikal tanaman bawang merah, bukan aplikasi langsung pada benih TSS sebagai

seed treatment. Menurut Hasani *et al.* (2009), Subbiah & Reddy (2010), sitokinin (BAP, BA, dan kinetin) juga berperan dalam merangsang perkecambahan benih tanaman yang diaplikasikan langsung pada benih (seed treatment). Daya berkecambah benih TSS yang dihasilkan pada perlakuan BAP 50–100 ppm di atas standar sertifikasi mutu benih (75%) yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Perbenihan (2007), yaitu mencapai 77,87–78,13%. Data ini menunjukkan bahwa aplikasi BAP pada konsentrasi tersebut memberikan mutu benih yang baik.

Aplikasi boron sebanyak 1–4 kg/ha meningkatkan bobot 100 butir, daya berkecambah, dan potensi tumbuh maksimum. Boron merupakan unsur mikro esensial yang memiliki peran dasar dalam proses-proses fisiologis tanaman seperti meningkatkan peran Ca dalam menjaga integritas struktur dinding sel dan membran plasma, peningkatan pembelahan sel, diferensiasi jaringan, dan metabolisme asam nukleat, karbohidrat, protein, fenol, dan auksin (Marschner



Gambar 3. Produksi benih TSS dari perlakuan dosis boron 3 kg/ha (A) dan dari perlakuan kontrol (B) (Production of TSS seed from boron dosage treatments of 3 kg/ha (A) and from control treatment (B))

Tabel 6. Pengaruh konsentrasi BAP dan dosis boron terhadap bobot 100 butir, daya berkecambah, dan potensi tumbuh maksimum benih TSS (*The effect of BAP concentration and boron dosage on weight of 100 seeds, seed germination, and maximum grown potential*)

Perlakuan (Treatments)	Bobot 100 butir (Weight of 100 seeds) g	Daya berkecambah (Seed germination) %	Potensi tumbuh maksimum (Maximum grown potential) %
Konsentrasi BAP (BAP concentration) ppm			
0	0,360 a	69,54 a	79,73 a
50	0,365 a	77,87 a	83,47 a
100	0,372 a	78,13 a	84,79 a
150	0,369 a	73,30 a	82,66 a
200	0,367 a	72,80 a	79,47 a
Dosis boron (Boron dosage) kg/ha			
0	0,357 c	62,67 b	76,00 b
1	0,367 abc	74,13 a	81,32 ab
2	0,372 ab	78,93 a	83,99 a
3	0,376 a	78,04 a	84,27 a
4	0,361 bc	77,87 a	84,53 a
BAP x boron	tn (ns)	tn (ns)	tn (ns)
KK (CV), %	4,88	15,37	10,69

1995). Dosis boron 3 kg/ha merupakan dosis optimum untuk meningkatkan bobot 100 butir. Pemberian boron 2–4 kg/ha meningkatkan daya berkecambah di atas 77% dan potensi tumbuh maksimum di atas 83%. Hasil ini memenuhi persyaratan untuk sertifikasi benih, sehingga dapat dipasarkan. Mutu benih yang dicapai dari hasil penelitian juga menunjukkan perbaikan yang sangat signifikan dibandingkan dari hasil penelitian sebelumnya terhadap mutu benih TSS varietas Bima Brebes dengan daya berkecambah hanya mencapai 14,33–16,33% (Sumarni et al. 2012).

KESIMPULAN

Pemberian BAP sampai konsentrasi tertentu dapat meningkatkan pembungaan (persentase tanaman berbunga, jumlah bunga per umbel), viabilitas, dan jumlah serbuk sari, serta persentase benih bernas, tetapi tidak meningkatkan produksi benih TSS. Konsentrasi BAP yang optimum untuk menghasilkan produksi benih TSS ialah 37,5 ppm.

Pemberian boron mampu meningkatkan pembungaan dan pembentukan buah (jumlah umbel per rumpun, jumlah bunga per umbel, jumlah buah per umbel), viabilitas, dan jumlah serbuk sari, produksi benih TSS (jumlah benih per umbel, bobot benih per umbel, bobot benih per rumpun, bobot benih total per plot), serta mutu benih (bobot 100 butir, daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum). Dosis boron optimum untuk menghasilkan bobot benih per plot yang tinggi dengan mutu benih sesuai standar sertifikasi mutu (daya berkecambah di atas 75%) ialah 2,88 kg/ha.

PUSTAKA

- Amanullah, MM, Sekar, S & Vincent, S 2010, 'Plant growth substances in crop production: A Review', *Asian J. Plant Sci.*, vol. 9, pp. 215-22.
- Barclay, GF & McDavid, CR 1998, 'Effect of benzyl amino purine on fruit set and seed development in pigeon pea (*Cajanus cajan*)', *Scientia Horticulturae*, vol. 72, no. 2, pp. 81-6.
- Basuki, RS 2009, 'Analisis kelayakan teknis dan ekonomis teknologi budidaya bawang merah dengan benih biji botani dan benih umbi tradisional', *J. Hort.*, vol. 19, no. 3, hlm. 5-8.
- Blevins, DG & Lukaszewski, KM 1998, 'Boron in plant structure and function', *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, no. 49, pp. 481-500.
- Davies, PJ 2004, *Plant hormone*, Prentice-Hall, Inc., New York.
- Direktorat Bina Perbenihan 2007, *Pedoman sertifikasi dan pengawasan peredaran mutu benih*, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura, Jakarta.
- Firoz, ZA, Jaman, MM, Alam, MS & Alam, MK 2008, 'Effect of boron application on the yield of different varieties of broccoli in hill valley', *Bangladesh J. Agril. Res.*, vol. 33, no. 3, pp. 655-57.
- Garg, OK, Sharma, AN & Kona, GRSS 1979, 'Effect of boron on the pollen vitality and yield of rice plants (*Oryza sativa* L. var. Jaya)', *Plant Soil*, vol. 52, no. 4, pp. 591-94.
- Hassani, SB, Saboor, A, Radjabian, T & Husseini, HF 2009, 'Effects of temperature, GA₃, and cytokinins on breaking seed dormancy of *ferula assa-foetida*', *Iranian J. Sci. & Tec., Transaction A*, vol. 33, no. A1.
- Keefe, S 1998, *In the green: update on boron's role as an essential plant micronutrient*, Borax Pioneer.
- Maschner, H 1995, *Mineral nutrition of higher plants*, Academic Press Harcourt Brace & Company Publishers, Waltham, Massachusetts.
- Meena, RS 2010, 'Effect of boron on growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Pusa Ruby grown under semi-arid conditions', *Int. J. Chem. Eng. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 167-72.

13. Misra, SM & Patil, BD 1987, 'Effect of boron on seed yield in lucerne (*Medicago sativa* L.)', *J. Agron. Crop Sci.*, vol. 158, no. 1, pp. 34-7.
14. Ockendon, D J & Gates, PJ 1976 'Reduced pollen viability in the onion (*Allium cepa* L.)', *New Phytol.*, vol. 76, pp. 511-17.
15. Permadi, AH & Putrasamedja, S 1991, 'Penelitian pendahuluan variasi sifat-sifat bawang merah yang berasal dari biji', *Bul. Penel. Hort.*, vol. XX, no. 4, hlm. 120-34.
16. Prat, L, Botti, C & Fichet, T 2008, 'Effect of plant growth regulators on floral differentiation and seed production in Jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider)', *Industrial Crops and Products*, vol. 27, pp. 44-9.
17. Putrasamedja, S & Permadi, AH 1994, 'Pembungaan beberapa kultivar bawang merah di dataran tinggi', *Bul. Penel. Hort.*, vol. 26, no. 4, hlm. 145-50.
18. Ridwan, H, Sutapradja, H & Margono 1989, 'Daya produksi dan harga pokok benih/biji bawang merah', *Bul. Penel. Hort.*, vol. XVII, no. 4, hlm. 57-61.
19. Roversi, A, Ughini, V & Tavella, M 1984, 'Fruit set in sweet cherry. I. Role of some agronomic variables', *Frutticulture*, no. 46, pp. 49-54.
20. Rosliani, R, Suwandi & Sumarni, N 2005, 'Pengaruh waktu tanam dan zat pengatur tumbuh mepiquat klorida terhadap pembungaan dan pembentukan biji bawang merah TSS', *J. Hort.*, vol. 15, no. 3, hlm. 192-98.
21. Satjadipura, S 1990, 'Pengaruh vernalisasi terhadap pembungaan bawang merah', *Bul. Penel. Hort., Ed. Khusus*, vol. XVIII, no. 2, hlm. 61-70.
22. Shivanna, KR & Sawhnet, VK 1997, *Pollen biotechnology for crop production and improvement*, Cambridge University Press, UK-USA- Australia.
23. Subbiah, V & Reddy, KJ 2010, 'Interaction between ethylen, absisic acid and cytokinin during germination and seedling establishment in Arabidopsis', *J. Biosci.*, vol. 35, no. 3, pp. 451-58.
24. Sumarni, N & Soetiarso, TA 1998, 'Pengaruh waktu tanam dan ukuran umbi bibit terhadap pertumbuhan, produksi, dan biaya produksi biji bawang merah', *J. Hort.*, vol. 8, no. 2, hlm. 1085-94.
25. Sumarni, N & Sumiati, E 2001, 'Teknik produksi biji botani bawang merah/TSS menggunakan vernalisasi dan zat pengatur tumbuh GA₃', *J. Hort.*, vol. 11, no. 1, hlm. 1-8.
26. Sumarni, N, Gaswanto, R & Basuki, RS 2009, *Implementasi teknologi TSS untuk memenuhi kebutuhan benih bawang merah sebanyak >30% pada waktu tanam off season*, Laporan Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Sayura, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Litbang Pertanian, Lembang.
27. Sumarni, N, Sopha, GA & Gaswanto, R 2012, 'Perbaikan pembungaan dan pembijian beberapa varietas bawang merah dengan pemberian naungan plastik transparan dan aplikasi asam gibberelat', *J. Hort.*, vol. 22, no. 1, hlm. 14-22.
28. Sumiati, E 1997, 'Pertumbuhan serta hasil umbi dan biji bawang bombay (*Allium cepa* L.) kultivar hari pendek dengan vernalisasi dan aplikasi asam giberelat di dataran tinggi Lembang Jawa Barat', Disertasi, Program Pasca Sarjana, Universitas Padjadjaran, Bandung.
27. Wang, Q, Lu, L, Wu, X, Li, Y & Lin, J 2003, 'Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*', *Tree Physio.*, no. 23, pp. 345-51.
28. Werner, T, Motyka, V, Strnad, M & Schmulling, T 2001, 'Regulation of plant by cytokinin', *Plant Biol.*, vol. 98, no. 18, hlm. 10487-92.
29. Youngkoo Cho, Sug Kee Suh, Ho Ki Park & Wood, A 2006, 'Impact of 2,4-DP and BAP upon pod set and seed yield in soybean treated at reproductive stages', *Plant Growth Regulation*, vol. 36, no. 3, pp. 215-21.