

Karakter Gen *CmBG1* Melon (*Cucumis melo*) pada Pengaruh Cekaman Tanah Karst

CmBG1 Gene Characters of Cucumis melo in Respond to Karsts Critical Land

Ganies Riza Aristya¹, Budi Setiadi Daryono¹, Yuanita Rachmawati^{2*}

¹Laboratorium Genetika, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada

²Program Pascasarjana, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada
Jalan Teknika Selatan, Sekip Utara, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Lahan kritis berkapur, karst, memberikan cekaman abiotik pada tanaman karena hambatan hidrasi dan nutrisi. Asam absisat (ABA) adalah hormon yang diekspresikan tumbuhan pada kondisi cekaman abiotik. *CmBG1* merupakan salah satu gen peregulasi hormon ABA pada melon yang akan terakumulasi saat tumbuhan mengalami cekaman. Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan pengaruh lahan kritis karst terhadap ekspresi gen *CmBG1* secara kualitatif dan kuantitatif melon hasil turunan kultivar TACAPA, yaitu kultivar PT dan AT yang ditanam pada medium tanah karst dari wilayah Agroekosistem II dan III Yogyakarta (Gunungsewu, Dlingo, maupun Sentolo). cDNA library diperoleh dari *reverse transcription* isolat RNA. cDNA diamplifikasi dengan primer spesifik, kemudian dispektrofotometri pada $\lambda 260$ nm untuk mengetahui konsentrasi gen *CmBG1*. Ekspresi gen dianalisis dengan *real time* PCR dengan gen referensi *Cm-actin*. Uji kualitatif dilakukan dengan elektroforesis gel agarosa 1,5%. Hasil penelitian menunjukkan gen *CmBG1* terdeteksi dengan ukuran ± 1258 bp pada kultivar PT dan AT. Konsentrasi gen *CmBG1* melalui spektrofotometri menunjukkan semua kultivar yang ditanam pada media kontrol memiliki konsentrasi yang lebih rendah bila dibandingkan media tanam dengan perlakuan lahan kritis baik Gunungsewu, Dlingo, maupun Sentolo. Hasil ini sama dengan uji ekspresi gen *CmBG1* menggunakan analisis kuantitatif *real time* PCR.

Kata kunci: Karst, ekspresi gen, *CmBG1*, melon, *real time* PCR

ABSTRACT

Karsts critical land gives abiotic stresses in plants because of hydration and nutrition disturbances. Abscisic acid (ABA) is a hormone that expressed in the plant in abiotic stress conditions. CmBG1 is one of the regulatory genes encoding hormone ABA in melon plants which is accumulated in stress condition. The purpose of this study was to describe the influence of karsts critical land on the genes expression of CmBG1 melon cultivars PT and AT qualitatively and quantitatively. The plants were grown in medium karst land of Agroecosystems II and III of Yogyakarta (Gunungsewu, Dlingo, and Sentolo). Total RNA was extracted from leaf tissue then Reversed Transcriptase (RT-PCR) to collect cDNA library. cDNA was amplified using specific primer. Spectrophotometry was conducted in $\lambda 260$ nm and electrophoresis run in 1.5% agarose gel. Control band and reference gene chosen in Real Time PCR was Cm-Actin. CmBGI band (± 1258 bp) was showed both on PT and AT. Cm-actin was showed band of DNA as ± 445 bp. CmBGI gene concentration in critical land medium treatment which is given greater stress on melons are higher than normal condition. This suggests that the CmBGI gene is expressed more in cultivar PT and AT melons when they are grown under stress condition. This result show similarly when using real time PCR.

Key words: Karsts, gene expression, *CmBG1*, melon PT and AT, *real time* PCR

* Alamat Korespondensi:
surel: yuanitarhartono@gmail.com

PENDAHULUAN

Lahan kritis didefinisikan sebagai lahan yang fungsi biologis, orologis, serta geografisnya tidak dapat menjalankan fungsi secara maksimal. Kondisi lahan kritis memiliki empat karakter di antaranya peka terhadap erosi, tingkat kesuburan tanah rendah, sumber air hanya mengandalkan curah hujan, dan lapisan tanah bawahnya memiliki kelembapan yang sangat rendah seperti dijelaskan Notohadiprawiro (1996). Lahan perbukitan karst dapat dikategorikan dalam lahan kritis karena sesuai dengan karakter tersebut. Balitbang Pertanian (1997) menjelaskan terdapat ±158.600 ha lahan kritis yang tersebar pada tiga Zona Agroekosistem di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), yaitu Agroekosistem II, III, dan Va. Dua di antara tiga agroekosistem ini berjenis perbukitan karst, yaitu Agroekosistem II meliputi Perbukitan Gunungsewu, Gunungkidul, dan Agroekosistem III meliputi Perbukitan Dlingo Bantul serta Perbukitan Sentolo Kabupaten Kulon Progo. Bila lahan kritis wilayah agroekosistem tersebut tidak segera diberdayakan, dapat memberi dampak buruk terhadap kualitas lahan.

Sistem drainase kawasan karst didominasi air bawah permukaan yang sebagian besar masuk ke jaringan bawah tanah, menyebabkan pada musim penghujan, air tidak dapat tertahan pada permukaan dan langsung masuk ke dalam tanah Nahdi (2012). Kondisi ini memberi cekaman dehidrasi pada tanaman karena air tidak dapat terserap secara optimum oleh tanaman disebabkan langsung masuk ke dalam jaringan bawah tanah. Hidrasi yang tidak berjalan baik akan memengaruhi penyerapan nutrisi tanaman.

CmBG1 merupakan salah satu gen peregulasi hormon ABA pada *Cucumis melo* yang terakumulasi saat tumbuhan tercekam abiotik (Li *et al.*, 2012; Sun *et al.*, 2013). ABA adalah hormon tanaman yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan, pematangan biji, dormansi, dan perkecambahan seperti didiskusikan pada Ren *et al.* (2010), Li *et al.* (2012), dan Sun *et al.* (2013). ABA juga berperan dalam mediasi adaptif tanaman terhadap pengaruh cekaman biotik maupun abiotik (Chernys & Zeevaart, 2000; Zhu, 2002). Penelitian terdahulu menjelaskan ekspresi *BG1* pada *Citrus lanatus* (*CIBG1*) yang diberi perlakuan cekaman dehidrasi menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan tanaman kontrol pada saat fase akhir perkembangan, yaitu 25 *Day After Full Bloom*/DAFB (Li *et al.*, 2012).

Beberapa jenis tanaman termasuk melon, dapat tumbuh dan bertahan pada kondisi yang tidak optimum bagi pertumbuhannya. Hal ini disebabkan terdapat beberapa mekanisme atau strategi, dapat dilakukan oleh suatu organisme dalam lingkungan

tercekam, antara lain: Strategi pelarian (*escaping*), penghindaran (*avoidance*), dan toleransi (*tolerance*) (Morgan, 1984; Mooney *et al.*, 1987; Ingram & Bartels, 1996; Chaves *et al.*, 2003).

Melon kultivar PT dan AT adalah melon keturunan kultivar TACAPA hasil pengembangan dan pemuliaan tanaman oleh Laboratorium Genetika Fakultas Biologi UGM. Melon kultivar PT dihasilkan dari persilangan ♀PI 371795 x ♂TACAPA, sedangkan kultivar AT dihasilkan dari persilangan ♀ACTION 434 x ♂TACAPA. ACTION 434 merupakan melon komersial dengan cita rasa manis, sedangkan PI 371795 memiliki karakter buah tidak manis, namun memiliki ketahanan terhadap jamur tepung. Melon kultivar TACAPA memiliki sifat unggul hasil penggabungan sifat dari induknya, yaitu bentuk buah bulat lonjong dengan *net* halus, daging buah berwarna hijau kekuningan, rasa manis, dan tahan terhadap jamur tepung *powdery mildew* (Aristya, 2006 & 2009; Daryono & Qurrohman, 2009; Qurrohman, 2011; Rachmawati, 2014). Dengan pemuliaan tanaman ini, diharapkan melon PT dan AT mewarisi karakter menguntungkan dari induk-induknya.

Pada penelitian ini dilakukan penanaman Melon PT dan AT pada *greenhouse* KP4 menggunakan perlakuan media tanah karst wilayah lahan kritis Gunungkidul, Dlingo, dan Sentolo. Kemudian dilakukan karakterisasi molekular. Karakter molekular ditentukan dengan analisis kualitatif dan kuantitatif ekspresi gen *CmBG1* yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh lahan kritis karst terhadap ekspresi gen tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian skala *greenhouse* dilaksanakan di KP4 UGM di Berbah Sleman Yogyakarta. Penelitian skala laboratorium dilakukan di Laboratorium Genetika Fakultas Biologi, Laboratorium FALITMA Fakultas Biologi, Laboratorium Biologi dan Molekular Fakultas Kedokteran Umum, dan LPPT UGM Yogyakarta.

Percobaan skala *greenhouse* dilakukan dengan empat macam perlakuan media tanam Kontrol (K) tanah dari KP4, Gunungsewu (G) tanah dari Gunungkidul pada koordinat BT: 110°32'15.7" LS: 08°03'36.7" dengan ketinggian (elevasi) 265 m dpl, Dlingo (D) BT: 110°27'56.2" LS: 07°55'58.7" Elevasi: 230 m dpl, dan Sentolo(S) BT: 110°11'11.3" LS: 07°49'56.5" Elevasi: 116 m dpl, dengan empat kali ulangan. Penyiraman dilakukan tiga kali seminggu, pemberian pupuk NPK dua kali dalam sebulan.

Sampel daun diambil dari daun ke-3 dan 4 tanaman melon. (a) Isolasi RNA: isolasi RNA dilakukan sesuai protokol Mini KIT Isolasi RNA *Geneaid*; (b) *Reverse Transcription-PCR* (RT-PCR): Sintesis cDNA dari 1 µl

RNA total dilakukan menggunakan metode *Two Step Kit Reverse Transcriptase Fermentas* dengan modifikasi, dengan optimasi suhu 42°C - 1 jam, 70°C - 5 menit. cDNA daun melon digunakan sebagai *template* untuk amplifikasi gen. Primer:

CmBG1-F5'-ACAGAGACCCACCCATCTACAT AACAGA-3'

CmBG1-R5'-TCGACGTAGGTTATACCAAAT CGCA-3' (JQ268078)

Optimasi suhu PCR dilakukan pada: 95°C - 5 menit, 95°C - 1 menit, 60°C - 1 menit, 72°C - 2 menit, 72°C - 10 menit dalam 30 siklus; (c) Elektroforesis pada gel Agarosa 1,5%, dan (d) *Real Time PCR* untuk mengetahui ekspresi gen *CmBGI*. Protokol sesuai dengan *EvaGreen® Real Time - PCR Reagents Kit*. Metode deteksi target nonspesifik menggunakan pewarnaan DNA. Sebagai gen referensi digunakan *Cm-actin* dengan primer (Okuda *et al.*, 2011) sebagai berikut:

Cm-actin 5'-CATGTT CACCACCACTGCCGA-3'

Cm-actin 5'-TGGCTGGAATAGAACTTCTGGGC-3' (AB640865)

Dilakukan dalam 40 siklus dengan optimasi suhu: 50°C - 2 menit, 95°C - 10 menit, 95°C - 1 menit, 60°C - 1 menit.

Data dianalisis secara kualitatif dilakukan dengan deteksi pita atau *band* gen yang terbentuk. Gen *CmBG1* menunjukkan *band* DNA dengan ukuran ±1258 bp. Analisis kuantitatif dengan absorbansi DNA dan RNA pada λ260 nm dengan rasio kemurnian dengan perbandingan nilai absorbansi A_{260}/A_{280} nm pada kisaran nilai 1,8-2,0 (Sambrook & Russel, 2001; Clark, 2010). Ekspresi gen *CmBG1* dianalisis menggunakan *software* CFX Manager 3.1 Bio Rad *Real Time PCR* (q-PCR). Ekspresi gen dianalisis dengan menggunakan *relative quantitation* dengan metode *compare Ct method/ΔΔCt*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolat RNA perlu diukur konsentrasinya untuk menentukan apakah hasil tersebut memungkinkan untuk dibentuk cDNAny. Hasil uji kuantitatif spektrofotometri yang didapat pada rasio kemurnian isolat RNA berkisar antara 1,2 hingga 2,0 (Tabel 1). Nilai kemurnian RNA yang seharusnya didapat berdasarkan Sambrook & Russel (2001) adalah 1,8 - 2.0. Pada uji kuantitatif, hasil yang didapatkan masih banyak kultivar yang rasio isolat RNA di bawah nilai 1,8. Hal ini besar kemungkinan bahwa pada isolat RNA banyak mengandung kontaminan DNA dan protein serta fenol. Sementara Hasil uji kuantitatif spektrofotometri yang didapat pada rasio kemurnian cDNA berkisar antara 1,4 hingga 1,6 dan rasio kemurnian hasil PCR 1,6 hingga 1,7 (Tabel 1). Hasil yang didapatkan ini dapat dikatakan seragam, karena tidak jauh berbeda satu sama lain. Berbeda bila dibandingkan dengan hasil isolat RNA yang memiliki rentang perbedaan yang lebih besar.

Hasil konsentrasi cDNA yang diperoleh berkisar antara 1312.6 hingga 3980.0 µg/mL. Hasil konsentrasi cDNA yang didapatkan jauh lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi RNA yang didapatkan. Hal ini disebabkan pada proses *reverse transcription* menggunakan kit *Fermentas*, ditambahkan *sequence* DNA berupa primer Oligo dT sejumlah 1µL, kemudian dilakukan proses amplifikasi dengan PCR.

Konsentrasi gen *CmBG1* secara kuantitatif menunjukkan seberapa besar jumlah gen tersebut diekspresikan, mengingat pada proses PCR, primer yang digunakan spesifik untuk satu gen. Konsentrasi gen *CmBG1* (melalui spektrofotometri hasil PCR) pada media kontrol lebih rendah dibandingkan media tanam dengan perlakuan lahan kritis baik Gunungsewu, Dlingo, maupun Sentolo. Hasil yang didapatkan juga sesuai dengan penelitian terdahulu pada tanaman semangka, *Citrulus lanatus* oleh Li *et al.*, (2012). Li *et al.*, (2012) menjelaskan bahwa terjadi

Tabel 1. Hasil spektrofotometri rasio dan konsentrasi isolat RNA, cDNA, dan PCR *product* pada melon kultivar TACAPA

| C | T | Isolat RNA | | cDNA | | Hasil PCR | |
|----|-----|------------|---------------------|-------|---------------------|-----------|---------------------|
| | | Rasio | Konsentrasi (µg/ml) | Rasio | Konsentrasi (µg/ml) | Rasio | Konsentrasi (µg/ml) |
| PT | (K) | 1.850 | 60.5 | 1.470 | 1312.6 | 1.602 | 511.0 |
| | (G) | 1.811 | 205.3 | 1.549 | 2552.3 | 1.600 | 606.6 |
| | (D) | 1.793 | 196.7 | 1.595 | 3980.0 | 1.619 | 846.5 |
| | (S) | 2.030 | 150.1 | 1.537 | 2387.4 | 1.682 | 686.6 |
| AT | (K) | 1.798 | 144.1 | 1.479 | 1325.5 | 1.610 | 526.3 |
| | (G) | 1.479 | 132.5 | 1.522 | 1945.5 | 1.609 | 557.2 |
| | (D) | 1.836 | 130.9 | 1.566 | 3109.6 | 1.620 | 823.7 |
| | (S) | 1.176 | 357.0 | 1.554 | 2869.5 | 1.669 | 703.1 |

Keterangan: C: cultivar/kultivar; T: *treatment*/perlakuan; K: Kontrol; G: Gunungsewu-Gunungkidul; D: Dlingo-Bantul; S: Sentolo-Kulon Progo.

peningkatan ekspresi gen *CmBG1* selama akhir fase pematangan dalam kondisi cekaman kekeringan. Peningkatan ekspresi gen merupakan bentuk proses mediasi respon adaptif terhadap *stress* abiotik. Tanah Dlingo dan Sentolo memberikan *stress* yang lebih besar bila dibandingkan dengan Gunungsewu. Hal ini ditunjukkan dengan relatif lebih tingginya konsentrasi gen *CmBG1* pada kultivar melon yang ditanam pada lahan tersebut.

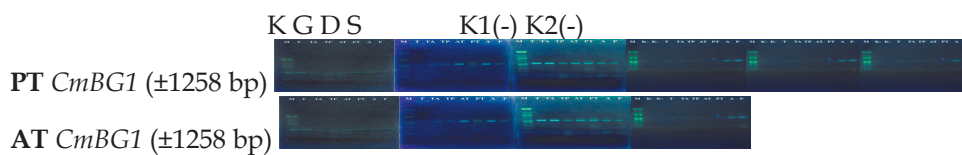
Deteksi gen *CmBG1* pada kultivar PT dan AT menunjukkan terbentuk *band* dengan ukuran ± 1258 bp pada semua perlakuan baik kontrol maupun perlakuan lahan kritis (Gambar 1). Hal ini disebabkan karena semua tanaman mengekspresikan hormon ABA, namun ekspresi dari peran ABA pada kultivar melon yang ditanam pada kondisi normal (kontrol) tentu akan berbeda dengan kultivar melon yang ditanam pada cekaman lahan kritis (Gunungsewu, Dlingo, dan Sentolo). Secara hipotesis, ekspresi gen *CmBG1* akan meningkat pada tanaman yang diberi cekaman atau *stress*. Hasil melalui uji kualitatif tidak dapat menunjukkan seberapa besar gen tersebut diekspresikan, oleh karena itu selanjutnya dilakukan uji kuantitatif dengan *Real Time* PCR. Pada uji kualitatif gen *CmBG1* digunakan kontrol negatif untuk mengetahui spesifisitas primer. Kontrol Negatif 1 adalah sampel dari genus yang sama dengan melon yaitu mentimun (*Cucumis sativus*). Mentimun diisolasi RNA kemudian di RT-PCR dan dilakukan amplifikasi

gen *CmBG1*. Kontrol Negatif 2 yaitu *template* dari isolat DNA melon. Tidak terbentuk *band* untuk hasil PCR dari kedua kontrol negatif ini. Hal ini menunjukkan bahwa primer yang digunakan memang spesifik untuk amplifikasi dari cDNA yang dikonstruksi dari isolat RNA tanaman melon.

Tabel 2 memberikan gambaran nilai C_q , *relative quantities* metode Pfaffl dan Livak, serta efisiensi reaksi. Nilai C_q didapat dari jumlah siklus pada proses PCR yang berpotongan dengan garis *threshold*. Angka *relative quantities* (*RQ*) menunjukkan jumlah gen relatif yang terekspresi dalam seluruh proses PCR. Efisiensi amplifikasi (*E*) menjelaskan berapa banyaknya target yang diproduksi dalam setiap siklus PCR. Jika proses PCR efisien 100%, maka setiap siklus akan memproduksi dua kali lipat hasil dari *template* semula.

Kultivar PT dan AT, media tanam yang menginduksi ekspresi gen *CmBG1* paling cepat ditunjukkan perlakuan Dlingo disusul dengan Sentolo, dengan nilai *RQ* yang didapat paling besar. Sementara PT dan AT pada media tanam Kontrol dan Gunungsewu memiliki ekspresi gen paling lambat dengan jumlah ekspresi gen *CmBG1* paling sedikit dibanding seluruh perlakuan (Gambar 2).

Hasil data ekspresi gen *CmBG1* menggunakan analisis kuantitatif *real time* PCR secara umum menunjukkan bahwa konsentrasi gen *CmBG1* pada Kultivar PT dan AT yang ditanam pada media kontrol

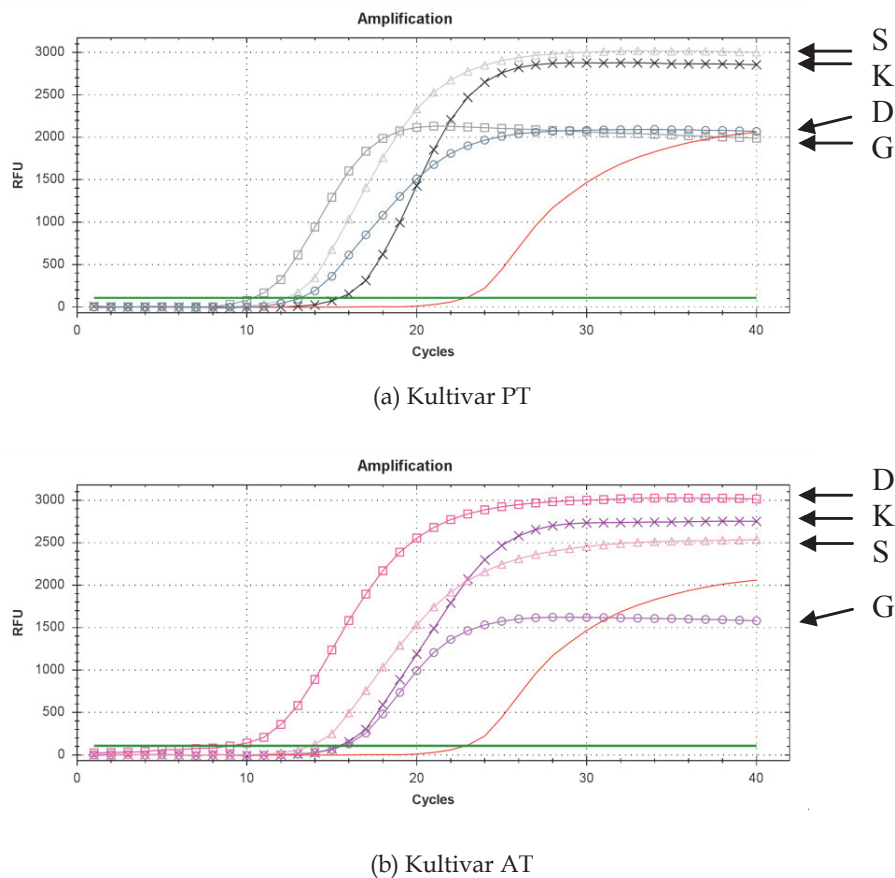


Gambar 1. Hasil deteksi gen *CmBG1* melon Kultivar PT dan AT pada gel agarosa 1,5%. Keterangan gambar K: Kontrol, G: Gunungsewu, D: Dlingo, S: Sentolo, K1(-): Kontrol negatif, mentimun *Cucumis sativus*, K2(-): Kontrol negatif, Melon dari Isolasi DNA.

Tabel 2. Hasil nilai C_q , *relative quantities* (*RQ*) metode Pfaffl dan Livak $2^{-\Delta\Delta C_q}$, serta efisiensi reaksi melon kultivar PT dan AT pada nilai *Threshold* 106,433

| Target | Sampel | <i>RQ</i> (Metode Pfaffl) | C_q | Efisiensi Reaksi | <i>RQ</i> (Metode Livak $2^{-\Delta\Delta C_q}$) |
|--------------|----------------------|---------------------------|-------|------------------|---|
| Actin | Actin (referensi) | 1 | 22.86 | | |
| <i>CmBG1</i> | Kontrol (Kalibrator) | 1 | 28.42 | 1 | |
| <i>CmBG1</i> | D.AT | 677435.40 | 9.05 | 2.0000 | 677565.08 |
| <i>CmBG1</i> | D.PT | 282032.56 | 10.31 | 1.9997 | 282913.21 |
| <i>CmBG1</i> | S.PT | 71757.29 | 12.29 | 2.0001 | 71715.63 |
| <i>CmBG1</i> | GK.PT | 39776.96 | 13.14 | 2.0000 | 39786.74 |
| <i>CmBG1</i> | S.AT | 26220.94 | 13.74 | 1.9999 | 26249.46 |
| <i>CmBG1</i> | K.PT | 8235.60 | 15.41 | 1.9998 | 8248.98 |
| <i>CmBG1</i> | K.AT | 8155.26 | 15.42 | 1.9993 | 8192.00 |
| <i>CmBG1</i> | GK.AT | 6956.17 | 15.65 | 1.9994 | 6984.79 |

Keterangan: Hasil tabel diurutkan dari nilai ekspresi gen tertinggi (setelah gen referensi dan kalibrator) hingga nilai yang paling rendah. Perlakuan → K: Kontrol, G: Gunungsewu, D: Dlingo, S: Sentolo, Kultivar → PT dan AT.



Gambar 2. Cq pada siklus amplifikasi melon kultivar PT dan AT pada perlakuan media tanam tanah kontrol (K), Gunungsewu (G), Dlingo (D), dan Sentolo (S). Garis merah tanpa poin menunjukkan amplifikasi gen referensi Actin.

dan Gunungsewu memiliki nilai yang lebih rendah bila dibandingkan media tanam dengan perlakuan lahan kritis Dlingo, maupun Sentolo. Hasil ini sama dengan hasil spektrofotometri.

Penelitian sebelumnya menjelaskan, terjadi peningkatan ekspresi gen *CmBG1* pada semangka selama akhir fase pematangan dalam kondisi cekaman kekeringan (Li *et al.*, 2012). *CmBG1* adalah gen peregulasi hormon ABA pada *Cucumis melo* L. Sun *et al.* (2013) menyatakan bahwa ekspresi gen *CmBG1* konsisten dengan akumulasi jumlah ABA. ABA juga berperan serta toleransi adaptif terhadap *stress* abiotik (Hubbard *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012). ABA berperan dalam meregulasi terbuka dan tertutupnya stomata dengan regulasi kanal ion (Hubbard *et al.*, 2010). Mekanisme tersebut dilakukan untuk mencegah transpirasi air berlebih pada saat kondisi cekaman berlangsung. Peningkatan ekspresi gen *CmBG1* menunjukkan akumulasi peningkatan ABA pada tanaman. Hal tersebut akan memicu tanaman untuk menjaga kadar air agar tetap optimum dalam tubuh tanaman dengan melakukan regulasi *stomatal aperture*. Pada penelitian ini, kondisi *stress* air pada tanaman terbukti meningkatkan ekspresi gen *CmBG1*.

Melalui hasil *real time* PCR yang menjelaskan ekspresi gen *CmBG1* dapat diketahui bahwa perlakuan Dlingo dan Sentolo memberikan *stress* yang lebih besar bila dibandingkan dengan Gunungsewu. Hal ini ditunjukkan dengan hasil *relative quantitative* ekspresi gen *CmBG1* yang lebih besar bila dibandingkan dengan perlakuan tersebut.

SIMPULAN

Gen *CmBG1* dengan ukuran ± 1258 bp terdeteksi pada semua kultivar. Hasil spektrofotometri konsentrasi gen *CmBG1* dan hasil uji ekspresi gen *CmBG1* menggunakan *real time* PCR pada kultivar PT dan AT pada media kontrol dan Gunungsewu lebih rendah bila dibandingkan media tanam dengan perlakuan tanah karst Dlingo, maupun Sentolo. Gen *CmBG1* dapat digunakan sebagai indikator tanaman melon dalam kondisi cekaman. Perlakuan Dlingo dan Sentolo memberikan *stress* yang lebih besar dibandingkan dengan Gunungsewu sehingga tanaman yang ditanam pada lahan kritis Dlingo dan Sentolo memerlukan perlakuan yang lebih dari lahan kritis Gunungsewu atau lahan bukan kritis. Langkah-

langkah konservasi lahan kritis dengan tepat akan dapat mendayagunakan dan memaksimalkan potensi yang ada baik potensi lahan maupun potensi tanaman, khususnya melon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami berikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia (Kemenristek) atas bantuan dana penelitian yang diberikan melalui program INSINAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristya GR, 2006. Skrining dan Pewarisan Sifat Ketahanan Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) terhadap Powdery Mildew (Jamur Tepung). *Skripsi* Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Aristya GR, 2009. Pewarisan dan Pemetaan Penanda Sequence Characterized Amplified Region (SCAR) Terpaut Gen Penyandi Ketahanan Powdery Mildew (*Podosphaera xanthii* (Castag.) Braun et Shiskoff) pada Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.). *Tesis* Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Chaves MM, Maroco JP, & Pereira JS, 2003. Understanding Plant Responses to Drought from Genes to the Whole Plant Function. *Journal of Plant Biology*, 30: 239-264.
- Chernys JT, Zeevaart JAD, 2000. Characterization of the 9-Cis-Epoxycarotenoid Dioxygenase Gene Family and the Regulation of Abscisic Acid Biosynthesis in Avocado. *Journal of Plant Physiology*, 124: 343-353.
- Clark DP, 2010. *Molecular Biology: Academic Cell Update*. USA: Elsevier Inc.
- Daryono BS & Qurrohman MT, 2009. Pewarisan Sifat Ketahanan Melon (*Cucumis melo* L.) Terhadap Powdery Mildew (*Podosphaera xanthii* (Castag.) Braun et Shishkoff). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 15(1): 1-6.
- Hubbard KE, Nishimura N, & Hitomi K, 2010. Early Abscisic Acid Signal Transduction Mechanisms: Newly Discovered Components and Newly Emerging Questions. *Genes Dev*, 24: 1695-1708.
- Ingram J & Bartels D, 1996. The Molecular Basis of Dehydration Tolerance in Plants, Annual Review Plant Physiology. *Journal of Plant Molecular Biology*, 47: 377-403.
- Li Q, Ping L, Liang S, Yanping W, Kai J, Yufei S, Shengjie D, Pei C, Chaorui D, & Ping L, 2012. Expression Analysis of β -galactosidase that Regulate Abscisic Acid Homeostasis during Watermelon (*Citrulus lanatus*) Development and Under Stress Condition. *Journal of Plant Physiology*, 169: 78-85.
- Mooney HA, Pearcy RW, & Ehleringer J, 1987. Plant Physiology Ecology Today. *Journal of Bioscience*, 7: 18-20.
- Morgan JM, 1984. Osmoregulation and Water Stress in Higher Plants, Annual Review Plant Physiology. *Journal of Plant Molecular Biology*, 35: 299-319.
- Nahdi MS, 2012. Konservasi Ekosistem Lahan Kritis Berbasis Kearifan Masyarakat di Kawasan Imogiri Yogyakarta. *Disertasi* Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Notohadiprawiro T, 1996. Lahan Kritis dan Bincangan Pelestarian Lingkungan Hidup, Seminar Nasional Penanganan Lahan Kritis di Indonesia, Parung, Bogor. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Okuda S, Okuda M, Sugiyama M, Sakata T, Takeshita M, & Iwai H, 2011. Screening for Resistance Melon Germplasms to Cucurbit Chlorotic Yellows Virus Transmitted by *Bemisia tabaci*. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/AB640865>). Diunduh pada 26 Juni 2013.
- Qurrohman MT, 2011. Analisis Keterpautan Gen Ketahanan terhadap Powdery Mildew pada Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) Hasil Test Cross dengan Penanda Sequence Characterized Amplified Region (SCAR). *Tesis* Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Rachmawati Y, 2014. Karakter Fenotip dan Molekular Melon (*Cucumis melo* L. "TACAPA") pada Medium Tanah Karst. *Tesis* Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Ren J, Sun L, Wu JF, Zhao SL, Wang CL, Wang YP, 2010. Cloning and Expression Analysis of cDNAs for ABA8'-Hydroxylase during Sweet Cherry Fruit Maturation and Under Stress Conditions. *Journal of Plant Physiology*, 167: 1486-1493.
- Sambrook J & Russel DW, 2001. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual* 3rd Ed. Volume 3. New York: Cold Spring Harbour.
- Sun Y, Pei C, Chaorui D, Pang T, Yanping W, Kai J, Yin H, Qian L, Shengjie D, Yan W, Hao L, Liang S, & Ping L, 2013. Transcriptional Regulation of Gene Encoding Key Enzymes of ABA Metabolism during Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit Development and Ripening. *Journal Plant Growth Regulation*, DOI 10.1007/s00344-012-9293-5.
- Zhu JK, 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol*, 53: 247-273.