

**Variasi Bahan Bioaktif dan Bioaktivitas Tiga Nomor Harapan
Temulawak pada Lokasi Budidaya Berbeda**

***Variation of Bioactive Compound and Bioactivities of Three
Temulawak Promising Lines at Different Geographical Conditions***

Waras Nurcholis^{1,2*}, Edy Djauhari Purwakusumah^{1,2}, Mono Rahardjo³, dan Latifah K. Darusman²

¹Departemen Biokimia-FMIPA, Institut Pertanian Bogor (Bogor Agricultural University) Kampus IPB Darmaga
Jl. Agatis Gd. Fapet, Lantai 5-Wing 5 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

²Pusat Studi Biofarmaka-LPPM, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Taman Kencana
Jl. Taman Kencana No.03, Bogor 16151, Indonesia

³Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik
Jl. Tentara Pelajar No. 3, Cimanggu, Kota Bogor, 16111, Indonesia

Diterima 3 Januari 2012/Disetujui 5 Juni 2012

ABSTRACT

Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) belongs to the family Zingiberaceae, has been empirically used as herbal medicines. The research was aimed to evaluate three promising lines of Temulawak based on their high bioactive contents (xanthorrhizol and curcuminoid) and its in vitro bioactivity (antioxidant and toxicity), and to obtain information on agrobiophysic environmental condition which produced high bioactive compounds. The xanthorrhizol and curcuminoid contents were measured by HPLC. In vitro antioxidant and toxicity were determined by DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) method and BSLT (Brine Shrimp Lethality Test). The result showed that promising line A produced the highest yield of bioactive and bioactivity, i.e. 0.157 and 0.056 g plant⁻¹ of xanthorrhizol and curcuminoid respectively. The IC₅₀ of antioxidant activity was 65.09 mg L⁻¹ and LC₅₀ of toxicity was 69.05 mg L⁻¹. In this study, Cipenjo had the best temulawak performance than two other locations. According to the agrobiophysic parameters, Cipenjo environmental condition was suitable for temulawak cultivation with temperature 28-34 °C, rainfall ± 223.97 mm year⁻¹ and sandy clay soil.

Keywords: antioxidant, curcuminoid, promising lines, temulawak, xanthorrhizol

ABSTRAK

Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) merupakan tumbuhan dari keluarga Zingiberaceae yang secara tradisional digunakan sebagai obat herbal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nomor harapan terbaik dari temulawak A, B, dan C berdasarkan kadar bioaktif (xanthorrhizol dan kurkuminoid) dan bioaktivitas secara in vitro (antioksidan dan toksisitas) serta untuk memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan agrobiophysik yang dapat menghasilkan senyawa aktif tinggi. Kadar xanthorrhizol dan kurkuminoid ditentukan dengan menggunakan HPLC. Bioaktivitas antioksidan ditentukan dengan menggunakan metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl), sedangkan untuk toksisitas temulawak ditentukan dengan menggunakan metode BSLT (Brine Shrimp Lethality Test). Hasil penelitian menunjukkan nomor harapan temulawak A menghasilkan produk bioaktif dan bioaktivitas paling baik. Produktivitas xanthorrhizol dan kurkuminoid secara berurutan adalah 0.157 dan 0.056 g tanaman⁻¹. Nilai IC₅₀ dan LC₅₀ dari aktivitas antioksidan dan toksisitas secara berurutan adalah 65.09 dan 69.05 mg L⁻¹. Penelitian ini menunjukkan lokasi Cipenjo memberikan kualitas temulawak yang paling baik dibandingkan dengan aksesori dari dua lokasi lainnya. Berdasarkan parameter agrobiophysik, kondisi lingkungan Cipenjo yang sesuai untuk budidaya temulawak adalah suhu pada 28-34 °C, curah hujan ± 223.97 mm tahun⁻¹ dan tanah berpasir.

Kata kunci: antioksidan, kurkuminoid, nomor harapan, temulawak, xanthorrhizol

PENDAHULUAN

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan salah satu jenis tumbuhan dari keluarga Zingiberaceae

yang secara empirik banyak digunakan sebagai obat, baik dalam bentuk tunggal maupun campuran, yaitu sebagai hepatoprotektor, anti-inflamasi, antikanker, antidiabetes, antimikroba, antihiperlipidemia, dan pencegah kolera (Hwang, 2006). Khasiat lainnya yang dimiliki oleh komponen kimia dalam temulawak adalah anti bakteri (Rukayadi dan Hwang, 2006; Lee *et al.*, 2008), anti cendawan (Rukayadi *et*

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: wnurcholis@gmail.com

al., 2006), antioksidan (Qader *et al.*, 2011), neuroprotektor (Lim *et al.*, 2005), anti kanker (Park *et al.*, 2004), anti alergi (Matsuda *et al.*, 2004), dan anti hiperkolesterolemia (Peschel *et al.*, 2006).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa komponen aktif (bioaktif) utama yang terdapat dalam temulawak yang berkhasiat sebagai obat adalah xanthorhizol dan kurkuminoid (Hwang, 2006). Kandungan bioaktif temulawak dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan tumbuh tanaman temulawak. Tingginya kandungan bioaktif tanaman temulawak ini akan menentukan bioaktivitas atau khasiat temulawak sebagai obat. Oleh karena itu perlu diketahui nomor harapan tanaman temulawak yang unggul dan lingkungan tumbuh yang sesuai, sehingga diperoleh produksi dan mutu rimpang yang tinggi (bioaktif dan bioaktivitas tinggi).

Pada penelitian ini dilakukan uji multilokasi 3 nomor harapan temulawak A, B, dan C di Cipenjo (Cileungsi) dan Ganjar Resik (Sumedang), yang mewakili sentra pengembangan budidaya temulawak di Jawa Barat serta Kragilan (Boyolali) yang mewakili sentra pengembangan budidaya temulawak di Jawa Tengah.

Tujuan penelitian ini adalah: (a) memilih nomor harapan temulawak A, B, dan C yang terbaik berdasarkan kandungan bioaktif (xanthorhizol dan kurkuminoid) dan bioaktivitas (antioksidan dan toksisitas) yang tinggi, dan (b) menentukan kondisi lingkungan agrobiofisik yang menghasilkan bahan bioaktif yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Nomor harapan temulawak A, B, dan C diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (Balitro), Cimanggu-Bogor, merupakan hasil seleksi dari plasma nutfah. Ketiga nomor harapan tersebut ditanam di sentra produksi temulawak, di tiga lokasi yaitu Cipenjo (Cileungsi), Ganjar Resik (Sumedang), dan Kragilan (Boyolali). Percobaan dilakukan pada tahun 2007 dengan menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak, dengan 4 ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah 3 nomor harapan temulawak (A, B, dan C). Jarak tanam yang digunakan 75 cm x 50 cm. Ukuran plot (6 m x 5 m) = 30 m². Semua percobaan diberi pupuk dasar sebanyak 20 ton ha⁻¹ pupuk kandang diberikan di setiap lubang tanam. Pupuk urea dan SP-36 dengan dosis masing-masing 200 kg ha⁻¹ diberikan sekaligus di setiap lubang tanam pada saat tanam. Pupuk urea dengan dosis 200 kg ha⁻¹ diberikan tiga kali pada umur tanaman 1, 2, 3 bulan setelah tanam (BST) masing-masing 1/3 dosis. Tanaman dipanen pada umur 9 BST. Parameter agronomi yang diamati adalah bobot basah rimpang dan jumlah rimpang untuk setiap tanaman temulawak.

Ekstraksi sampel temulawak didasarkan pada metode Badan Pengawas Obat dan Makanan (2005), yaitu secara maserasi dengan etanol 70%. Serbuk kering rimpang temulawak sebanyak 50 g dimasukkan ke dalam maserator, ditambah 500 mL etanol 70% direndam selama 6 jam sambil sekali-kali diaduk, kemudian didiamkan sampai 24 jam. Maserat dipisahkan, dan proses diulang 2 kali dengan jenis

dan jumlah pelarut yang sama. Semua maserat dikumpulkan dan diuapkan dengan penguap vakum hingga diperoleh ekstrak kental.

Ekstrak yang diperoleh dari proses ekstraksi kemudian diukur kadar xanthorhizol dan kurkuminoid dengan menggunakan HPLC. Sistem HPLC untuk xanthorhizol ialah kolom C18, detector UV-Vis, volume injeksi 10 µL, eluen H₃PO₄ dan metanol, dengan suhu kolom 40 °C. Sistem HPLC untuk kurkuminoid adalah kolom C18, detector UV-Vis, volume injeksi 10 µL, dengan eluen metanol, asam asetat 2%, dan asetronitril dan suhu kolom 48 °C. Perhitungan kadar xanthorhizol dan kurkuminoid sampel didasarkan dari standar xanthorhizol dan kurkuminoid (Jayaprakasha *et al.*, 2002). Toksisitas ekstrak diukur secara sitotoksik pada larva udang *Artemia salina* Leach berdasarkan metode McLaughlin *et al.* (1998) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 10 ekor larva udang dimasukkan dalam vial yang didalamnya terdapat sampel uji dengan konsentrasi 10-500 mg L⁻¹. Setelah 24 jam, jumlah larva udang yang mati untuk tiap-tiap konsentrasi dihitung dan dicatat. Nilai LC₅₀ ditentukan dengan menggunakan analisis probit program SPSS (Wardlaw, 1985).

Aktivitas antioksidan ditentukan dengan menggunakan modifikasi metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) oleh Benvenuti *et al.* (2004). Ekstrak temulawak dilarutkan dalam metanol dan dibuat dalam berbagai konsentrasi (10-200 mg L⁻¹). Selanjutnya ditambahkan larutan DPPH 1 mM sebanyak 1 mL dalam metanol. Larutan ekstrak selanjutnya disimpan di dalam inkubator pada suhu 37 °C selama 1 jam, kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 515 nm. Nilai IC₅₀ diperoleh dengan cara menghitung menurut rumus $y = a + b \ln x$ (Apea-Bah *et al.*, 2009).

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan analisis ragam gabungan dengan fasilitas software SPSS versi 17.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah dari tiga lokasi penelitian diperoleh dengan menggunakan data sekunder. Data agroklimat tiga lokasi penelitian dari kondisi iklim, sifat fisik dan kimia tanah tersaji pada Tabel 1.

Data agronomi tanaman temulawak yang diambil pada penelitian ini adalah bobot basah dan jumlah rimpang per tanaman temulawak yang dipanen pada 9 BST (Tabel 2). Bobot basah rimpang per tanaman dari nomor harapan temulawak A pada lokasi Ganjar Resik adalah 1,247.95 g, tidak berbeda nyata dengan nomor harapan temulawak A yang ditanam di lokasi Cipenjo dengan bobot basah rimpang per tanaman sebesar 1,182.52 g. Berdasarkan analisis ragam gabungan, temulawak nomor harapan A memberikan bobot basah rimpang per tanaman paling baik pada lokasi Ganjar Resik dan Cipenjo. Jumlah rimpang per tanaman tertinggi adalah nomor harapan temulawak A yang ditanam di Cipenjo dengan jumlah 4.67 rimpang. Jumlah rimpang secara statistik tidak berbeda nyata antara nomor harapan dan lokasi budidaya yang berbeda.

Tabel 1. Karakteristik agroklimat lokasi penelitian

Agroklimat	Lokasi budidaya		
	Cipenjo (Cileungsi)	Ganjar Resik (Sumedang)	Kragilan (Boyolali)
Kondisi iklim:			
Suhu (°C)	28-34	17-30	18-35
Ketinggian tempat (m dpl)	200	800	450
Curah hujan (mm tahun ⁻¹)	223.97	2500-3000	5500-6500
Sifat fisik atau kimia tanah:			
Kandungan komponen (%):			
Pasir	35.87	60.43	41.49
Debu	24.23	18.92	37.98
Liat	39.90	20.65	20.53
pH H ₂ O	4.65	5.01	5.10
C Organik (%)	0.95	1.56	0.51
N total (%)	0.13	0.16	0.09
C/N rasio	7.31	9.71	5.67
P tersedia (ppm)	1.06	1.39	23.51
Basa yang dapat dipertukarkan (me 100 g ⁻¹)			
Ca	5.39	3.18	2.31
Mg	1.29	1.16	0.33
K	0.17	0.40	0.11
Na	0.25	0.27	0.18
Total	7.10	5.01	2.93
Al dd (me 100 g ⁻¹)	2.13	0.24	0.41
KTK (me 100 g ⁻¹)	15.87	13.44	7.27
Kejenuhan basa (%)	44.74	37.28	40.30

Sumber: Setiyono *et al.* (2006)

Tabel 2. Rata-rata bobot basah rimpang dan jumlah rimpang pertanam tiga nomor harapan temulawak di tiga lokasi penelitian

Lokasi Penelitian	Nomor harapan temulawak	Rata-rata bobot basah rimpang (g tanaman ⁻¹)	Rata-rata jumlah rimpang per tanaman
Ganjar Resik	A	1247.95 ± 12.46c (b)	2.67 ± 1.15a (a)
	B	1068.31 ± 73.28b (a)	2.50 ± 0.87a (a)
	C	688.08 ± 128.57a (a)	2.33 ± 1.26a (a)
Kragilan	A	979.75 ± 130.98a (a)	2.67 ± 0.29a (a)
	B	1062.96 ± 187.28a (a)	3.00 ± 0.00b (a)
	C	958.21 ± 30.27a (b)	2.50 ± 0.00a (a)
Cipenjo	A	1182.52 ± 33.53c (b)	4.67 ± 0.58a (b)
	B	1163.82 ± 63.00ab (a)	3.67 ± 0.29a (b)
	C	1068.29 ± 58.86a (b)	4.17 ± 0.58a (b)

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi dengan ulangan sebanyak tiga kali. Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf kecil sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata antara nomor harapan temulawak atau diikuti oleh huruf kecil dalam kurung pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata antara lokasi penelitian menurut uji Duncan taraf $\alpha = 0.05$

Kondisi tanah pada lokasi penelitian akan mempengaruhi produksi rimpang dan banyaknya jumlah rimpang. Kondisi tanah di Ganjar Resik lebih berpasir dibandingkan dengan Cipenjo dan Kragilan (Tabel 1), sehingga dengan kondisi tanah yang berpasir menyebabkan pertumbuhan rimpang lebih optimal. Kondisi tanah yang liat di Cipenjo menyebabkan adanya tekanan pada pertumbuhan rimpang sehingga rimpang tumbuh tidak maksimal dan lebih memperbanyak jumlah percabangan rimpang dibandingkan dengan meningkatkan besarnya rimpang.

Bahan bioaktif utama dalam temulawak adalah xantorhizol dan kurkuminoid. Produktivitas xantorhizol dan kurkuminoid ditunjukkan pada Tabel 3. Produktivitas metabolit xantorhizol dan kurkuminoid merupakan perkalian biomasa temulawak dengan kadar xantorhizol dan kurkuminoid. Produktivitas xanthorhizol dan kurkuminoid yang cukup tinggi cenderung dihasilkan oleh nomor harapan temulawak A di lokasi Cipenjo, yaitu 0.157 g xantorhizol dan 0.056 g kurkuminoid untuk setiap tanaman temulawak. Produktivitas xanthorhizol dan kurkuminoid secara statistik tidak berbeda nyata antara nomor harapan dan lokasi budidaya yang berbeda menurut uji pada $\alpha = 0.05$. Produktivitas kurkuminoid nomor harapan temulawak A berbeda nyata secara statistik menurut uji Duncan pada $\alpha = 0.1$. Hal tersebut terjadi karena pada setiap tanaman dalam memproduksi metabolit sekunder dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya: stimulasi dari faktor lingkungan biotik maupun abiotik, keseimbangan nutrisi karbon, genotipe dan ontogenesis (Kliebenstein, 2004; Laitinen *et al.*, 2005; Lerdau, 2002; Lila, 2006). Masing-masing faktor memiliki suatu mekanisme biokimiawi kompleks tertentu yang menyebabkan ketiga nomor harapan temulawak memproduksi bioaktif xantorhizol dan kurkuminoid cenderung berbeda.

Cekaman lingkungan tumbuh dapat meningkatkan kandungan metabolit sekunder tanaman (Kirakosyan *et al.*, 2004; Zobayed *et al.*, 2005; Zobayed *et al.*, 2007). Kondisi

curah hujan (mm tahun⁻¹) di lokasi penelitian adalah 5,500-6,500 untuk Kragilan, 2,500-3,000 untuk Ganjar Resik, dan 223.97 untuk Cipenjo. Curah hujan di Cipenjo lebih rendah dan kondisi tanah lebih liat dibandingkan Kragilan dan Ganjar Resik. Hal ini diduga merupakan salah satu kondisi cekaman yang memungkinkan terjadinya induksi dalam meningkatkan produksi xantorhizol dan kurkuminoid di lokasi Cipenjo. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khaerana *et al.* (2008) yang menunjukkan bahwa cekaman kekeringan menyebabkan meningkatnya kandungan metabolit jenis atsiri dalam temulawak. Unsur hara juga dimungkinkan dapat meningkatkan cekaman lingkungan, terutama unsur hara N tanah di Kragilan yang sangat rendah (0.09%) dibandingkan 2 lokasi lainnya (Tabel 1). Ketersediaan N yang rendah dalam lingkungan merupakan induksi transkripsi gen-gen yang berkaitan dengan metabolisme fenolik, dalam hal ini kurkuminoid dalam temulawak (Penuelas dan Estiarte, 1998).

Produksi suatu bioaktif dalam tanaman dipengaruhi oleh adanya prekursor yang diperoleh dari hasil metabolit primer (Tumova *et al.*, 2006). Metabolit primer akan tinggi jika terdapat CO₂ sebagai sumber karbon untuk fotosintesis yang melimpah dalam suatu lingkungan di tempat tanaman itu tumbuh. Suhu di lokasi Cipenjo (28-34 °C) lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi Ganjar Resik (17-30 °C) dan Kragilan (18-35 °C). Molekul CO₂ ini merupakan salah satu molekul yang dapat meningkatkan suhu udara (Soon *et al.*, 1999), hal ini berarti di Cipenjo lebih banyak terdapat CO₂ dibandingkan dua lokasi lainnya. Sehingga produksi xanthorhizol dan kurkuminoid untuk nomor harapan temulawak A cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan dua lokasi lainnya.

Bioaktivitas ekstrak temulawak yang diukur adalah antioksidan dengan data dalam IC₅₀ dan toksisitas dengan data dalam LC₅₀. IC₅₀ merupakan konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50% aktivitas DPPH

Tabel 3. Produktivitas bioaktif tiga nomor harapan temulawak di tiga lokasi penelitian

Lokasi Penelitian	Nomor harapan temulawak	Xanthorhizol (g tanaman ⁻¹)	Kurkuminoid (g tanaman ⁻¹)
Ganjar Resik	A	0.113 ± 0.028 tn	0.055 ± 0.005 tn a (a)
	B	0.116 ± 0.029 tn	0.035 ± 0.009 tn a (b)
	C	0.080 ± 0.049 tn	0.029 ± 0.012 tn a (b)
Kragilan	A	0.122 ± 0.016 tn	0.055 ± 0.019 tn a (a)
	B	0.102 ± 0.032 tn	0.033 ± 0.015 tn a (a)
	C	0.132 ± 0.033 tn	0.044 ± 0.016 tn a (a)
Cipenjo	A	0.157 ± 0.032 tn	0.056 ± 0.005 tn b (a)
	B	0.129 ± 0.039 tn	0.049 ± 0.012 tn ab (a)
	C	0.115 ± 0.039 tn	0.042 ± 0.007 tn a (a)

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi dengan ulangan sebanyak tiga kali. Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf kecil tn pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata antara nomor harapan temulawak dan/ atau antara lokasi penelitian menurut uji Duncan taraf $\alpha = 0.05$. Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf kecil sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata antara nomor harapan temulawak atau diikuti oleh huruf kecil sama dalam kurung pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata antara lokasi penelitian menurut uji Duncan taraf $\alpha = 0.1$

(Molyneux, 2004). Uji antioksidan DPPH didasarkan pada kemampuan *1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl* (DPPH), sebuah radikal bebas yang stabil, untuk membentuk senyawa tak berwarna dengan bereaksi dengan suatu antioksidan. Aktivitas peredaman DPPH menunjukkan adanya kemampuan senyawa antioksidan untuk mendonorkan elektron atau hidrogen, sehingga mengubah radikal menjadi spesies yang lebih stabil (Bougatef *et al.*, 2009). LC_{50} merupakan konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk membunuh 50% larva udang *A. salina*. BSLT (*brine shrimp lethality test*) merupakan salah satu metode skrining bahan yang berpotensi sebagai tanaman berkhasiat obat. Metode penelitian ini menggunakan larva udang (*A. salina*) sebagai bioindikator. Larva udang ini merupakan organisme sederhana dari biota laut yang sangat kecil dan mempunyai kepekaan yang cukup tinggi terhadap toksik (Parwati dan Simanjuntak, 1998). Bila bahan yang diuji memberikan efek toksik terhadap larva udang, maka hal ini merupakan indikasi awal dari efek farmakologi yang terkandung dalam bahan tersebut (Meyer *et al.*, 1982).

Tabel 4 menunjukkan aktivitas antioksidan dan toksisitas tiga nomor harapan temulawak pada tiga lokasi budidaya. Nomor harapan temulawak A yang ditanam pada lokasi Cipenjo memiliki bioaktivitas antioksidan lebih kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 65.09 mg L⁻¹. Bioaktivitas antioksidan ekstrak temulawak nomor harapan A pada lokasi budidaya Cipenjo tidak berbeda nyata secara statistik dengan temulawak nomor harapan C (nilai IC_{50} , 133.52 mg L⁻¹), sedangkan dengan temulawak nomor harapan

B (nilai IC_{50} , 242.67 mg L⁻¹) berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf $\alpha = 0.05$ dengan bioaktivitas antioksidan lebih rendah. Bioaktivitas antioksidan temulawak nomor harapan A di lokasi Cipenjo secara statistik tidak berbeda nyata dengan yang ditanam di lokasi Kragilan (nilai IC_{50} , 87.54 mg L⁻¹) dan berbeda nyata pada lokasi Ganjar Resik (nilai IC_{50} , 104.41 mg L⁻¹) menurut uji Duncan pada taraf $\alpha = 0.05$ dengan bioaktivitas antioksidan yang lebih rendah. Hasil analisis toksisitas menunjukkan temulawak nomor harapan A baik yang ditanam di Ganjar Resik, Kragilan, dan Cipenjo memberikan nilai toksisitas yang tinggi, dengan nilai LC_{50} berturut-turut adalah 63.60 mg L⁻¹, 77.81 mg L⁻¹, dan 69.05 mg L⁻¹. Jadi temulawak nomor harapan A ini memiliki hasil yang konsisten di ketiga lokasi penelitian. Namun nilai toksisitas tertinggi dimiliki oleh nomor harapan C yang ditanam di Ganjar Resik, dengan LC_{50} sebesar 51.30 mg L⁻¹. Kurkuminoid temulawak merupakan bioaktif yang berperan dalam aktivitas antioksidan hal ini telah ditunjukkan oleh beberapa peneliti mengenai peranan kurkuminoid temulawak sebagai antioksidan (Jayaprakasha *et al.*, 2006; Suryanarayana *et al.*, 2007; Cikriki *et al.*, 2008; Amani *et al.*, 2010). Beberapa efikasi xanthorrhizol menunjukkan bahwa xanthorrhizol merupakan bioaktif temulawak yang juga memiliki aktivitas yang toksik (Rukayadi *et al.*, 2006; Chung *et al.*, 2007; Cheah *et al.*, 2008). Namun diduga tidak hanya xanthorrhizol dan kurkuminoid yang berperan dalam aktivitas antioksidan dan toksisitas karena yang digunakan adalah ekstrak kasar yang di dalamnya banyak senyawa bioaktif lain yang juga terekstrak.

Tabel 4. Bioaktivitas antioksidan dan toksisitas tiga nomor harapan temulawak di tiga lokasi penelitian

Lokasi Penelitian	Nomor harapan temulawak	Antioksidan/ IC_{50} (mg L ⁻¹)	Toksisitas/ LC_{50} (mg L ⁻¹)
Ganjar Resik	A	104.41 ± 10.84a (b)	63.60 ± 17.07a (a)
	B	204.72 ± 11.96b (b)	172.20 ± 6.20b (c)
	C	106.89 ± 0.66a (a)	51.30 ± 8.66a (a)
Kragilan	A	87.54 ± 7.38a (ab)	77.81 ± 2.23a (a)
	B	156.76 ± 14.11b (a)	90.22 ± 12.39a (a)
	C	175.61 ± 10.42b (a)	180.72 ± 19.45b (b)
Cipenjo	A	65.09 ± 3.98a (a)	69.05 ± 8.10a (a)
	B	242.67 ± 5.04b (c)	114.69 ± 5.72b (b)
	C	133.52 ± 45.03a (a)	103.07 ± 19.16b (a)

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi dengan ulangan sebanyak tiga kali. Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf kecil sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata antara nomor harapan temulawak atau diikuti oleh huruf kecil dalam kurung pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata antara lokasi penelitian menurut uji Duncan taraf $\alpha = 0.05$

KESIMPULAN

Berdasarkan parameter agronomi (produktivitas rimpang dan jumlah rimpang), kandungan bahan bioaktif (xanthorrhizol dan kurkuminoid) dan bioaktivitas (antioksidan dan toksisitas) nomor harapan temulawak yang cenderung

terbaik adalah nomor harapan A dan lokasi Cipenjo. Lokasi Cipenjo (Cileungsi) dengan suhu 28-34 °C, curah hujan 223.97 mm tahun⁻¹, dengan tanah liat berpasir merupakan lokasi yang paling sesuai untuk budidaya temulawak dibandingkan Kragilan (Boyolali) dan Ganjar Resik (Sumedang).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T) dan kerjasama antara Pusat Studi Biofarmaka LPPM-IPB dengan Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (Balitro)-Bogor. Oleh karena itu kami mengucapkan terima kasih atas kepercayaan dan dukungan dana yang diberikan untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amani, A.R., M.N. Somchit, M.M.B. Konting, L.Y. Kok. 2010. Vitamin E and curcumin intervention on lipid-peroxidation and antioxidant defense system. *J. Am. Sci.* 6:52-62.
- Apea-Bah, F.B., M. Hanafi, R.T. Dewi, S. Fajriah, A. Darwaman, N. Artanti, P. Lotulung, P. Ngadymang, B. Minarti. 2009. Assessment of the DPPH and α -glucosidase inhibitory potential of gambier and qualitative identification of major bioactive compound. *J. Med. Plant. Res.* 3:736-757.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2005. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor HK.00.05.41.1384 Tahun 2005 tentang Kriteria dan Tata Laksana Pendaftaran Obat Tradisional, Obat Herbal Terstandar, dan Fitofarmaka. BPOM, Jakarta.
- Benvenuti, S., F. Pellati, M. Melegari, D. Bertelli. 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *J. Food Sci.* 69:164-169.
- Bougatef, A., H. Mohamed, B. Rafik, L. Imen, T.E. Yosra, N. Moncef. 2009. Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. *Food Chem.* 114:1198-1205.
- Cikrikci, S.E., Mozioglu, H. Yilmaz. 2008. Biological activity of curcuminoids isolated from *Curcuma longa*. *Rec. Nat. Prod.* 2:19-24.
- Cheah, Y.H., F.J. Nordin, T.T. Tee, H.L.P. Azimahtol, N.R. Abdullah, Z. Ismail. 2008. Antiproliferative property and apoptotic effect of xanthorrhizol on MDA-MB-231 breast cancer cells. *Anticancer Res.* 28:3677-3690.
- Chung, W.Y., J.H. Park, M.J. Kim, H.O. Kim, J.K. Hwang, S.K. Lee, K.K. Park. 2007. Xanthorrhizol inhibits 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate-induced acute inflammation and two-stage mouse skin carcinogenesis by blocking the expression of ornithine decarboxylase, cyclooxygenase-2 and inducible nitric oxide synthase through mitogen-activated protein kinases and/or the nuclear factor- κ B. *Carcinogenesis* 28:1224-1231.
- Hwang, J.K. 2006. Xanthorrhizol; A New Bioactive Natural Compound. Departement of Biotechnology, Yonsei University, Yonsei.
- Jayaprakasha, G.K., L.J.M. Rao, K.K. Sakariah. 2006. Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. *Food Chem.* 98:720-724.
- Jayaprakasha, G.K., L.J.M. Rao, K.K. Sakariah. 2002. Improved HPLC method for determination of curcumin, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin. *Agric. Food Chem.* 50:3668-3672.
- Kirakosyan, A.P., Kaufman, S. Warber, S. Zick, K. Aaronson, S. Bolling, S.C. Chang. 2004. Applied environmental stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. *Physiol. Plant.* 121:182-186.
- Khaerana, M., Ghulamahdi, E.D., Purwakusumah. 2008. Pengaruh cekaman kekeringan dan umur panen yang berbeda terhadap kandungan xanthorrhizol tanaman temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). *Bul. Agron.* 36:241-247.
- Kliebenstein, D.J. 2004. Secondary metabolites and plant/environment interactions: a view through *Arabidopsis thaliana* tinted glasses. *Plant Cell. Environ.* 27: 675-684.
- Laitinen, M.L., R. Julkunen-Tiitto, J. Tahvanainen, J. Heinonen, M. Rousi. 2005. Variation in birch (*Betula pendula*) shoot secondary chemistry due to genotype, environment, and ontogeny. *J. Chem. Ecol.* 31:697-717.
- Lerdau, M. 2002. Benefits of the carbon-nutrient balance hypothesis. *OIKOS* 98:534-536.
- Lee L.Y., J.S. Shim, Y. Rukayadi, J.K. Hwang. 2008. Antibacterial activity of xanthorrhizol isolated from *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. against foodborne pathogens. *J. Food Protect.* 71:1926-30.
- Lila, M.A. 2006. The nature-versus-nurture debate on bioactive phytochemicals: the genome versus terroir. *J. Sci. Food Agric.* 86:2510-2515.
- Lim, C.S., D.Q. Jin, H. Mok, S.J. Oh, J.U. Lee, J.K. Hwang, I. Ha, J.S. Han. 2005. Antioxidant and antiinflammatory activities of xanthorrhizol in hippocampal neurons and primary cultured microglia. *J. Neurosci. Res.* 82: 831-838.

- McLaughlin, J.L., L.L. Rogers, J.E. Anderson. 1998. The use of biological assays to evaluate botanicals. *Drug Inf. J.* 32:513-524.
- Meyer, B.N., N.R. Ferrigni, J.E. Putnam, L.B. Jacobsen, D.E. Nichols, J.L. McLaughlin. 1982. Brine Shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Med.* 45:31-34.
- Matsuda, H., S. Tewtrakul, T. Morikawa, A. Nakamura. 2004. Anti-allergic principles from Thai zedoary: structural requirements of curcuminoids for inhibition of degranulation and effect on the release of TNF- α and IL-4 in RBL-2H3 cells. *Bioorg. Medicinal Chem.* 12:5891-5898.
- Molyneux, P. 2004. The use of stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *J. Sci. Technol.* 26:211-219.
- Parwati, T., P. Simanjuntak. 1998. Daya toksik beberapa tumbuhan obat tradisional Indonesia asal Nusa Tenggara Barat. *J. Biol. Indonesia* 11:118-125.
- Park, S., S. Chung, K.M. Kim, K.C. Jung, C. Park, E.R. Hahm, C.H. Yang. 2004. Determination of binding constant of transcription factor myc-max/max-max and E-box DNA: the effect of inhibitors on the binding. *Biochim. Biophys. Acta.* 1670:217-228.
- Penuelas, J., M. Estiarte. 1998. Can elevated CO₂ affect secondary metabolism and ecosystem function?. *Tree* 13:20-23.
- Peschel, D., R. Koerting, N. Nass. 2006. Curcumin induces changes in expression of genes involved in cholesterol homeostasis. *J. Nutr. Biochem.* 18:113-119.
- Qader, S.W., M.A. Abdulla, L.S. Chua, N. Najim, M.M. Zain, S. Hamdan. 2011. Antioxidant, total phenolic content and cytotoxicity evaluation of selected Malaysian plants. *Molecules* 16:3433-3443.
- Rukayadi, Y., J.K. Hwang. 2006. *In vitro* activity of xanthorrhizol against *Streptococcus mutans* biofilm. *Appl. Microbiol.* 42:400-404.
- Rukayadi, Y., D. Yong, J.K. Hwang. 2006. *In vitro* anticandidal activity of xanthorrhizol isolated from *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. *J. Antimicrob. Chemother.* 132:1-4.
- Setiyono, R.T., N. Ajijah, I.M. Tasma, Hera, N.R. Balfas, E.R. Pribadi. 2006. Uji Multilokasi Nomor-nomor Harapan Temulawak pada Berbagai Kondisi Agroekologi: Laporan Teknis Penelitian T.A. 2006. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Departemen Pertanian, Bogor.
- Suryanarayana, P.A., Satyanarayana, N. Balakrishna, P.U. Kumar, G.B. Reddy. 2007. Effect of tumeric and curcumin on oxidative stress and antioxidant enzymes in streptozotocin-induced diabetic rat. *Med. Sci. Monit.* 12: BR286-92.
- Soon, W., S.L. Baliunas, A.B. Robinson, Z.W. Robinson. 1999. Environmental effects of increased atmospheric carbon dioxide. *Climate Res.* 13:149-164.
- Tumova, L., J. Rimakova, J. Tuma, J. Dusek. 2006. *Silybum marianum* in vitro-flavolignan production. *Plant Cell Environ.* 52:454-458.
- Wardlaw, A.C. 1985. *Practical Statistics for Experimental Biologists.* John Wiley and Sons, Chichester.
- Zobayed, S.M.A., F. Afreen, T. Kozai. 2005. Temperature stress can alter the photosynthetic efficiency and secondary metabolite concentrations in *St. John's wort*. *Plant Physiol. Biochem.* 43:977-984.
- Zobayed, S.M.A., F. Afreen, T. Kozai. 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of *St. John's wort* plants under a water stress condition. *Environ. Exp. Bot.* 59:109-116.