

## **Analisis Kandungan Kurkuminoid dan Penghambatan $\alpha$ -Glukosidase dari Ekstrak Beberapa Aksesori Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* RoxB.)**

### **(Curcuminoids Content and $\alpha$ -Glucosidase Inhibition of Extract Promising Lines of *Curcuma xanthorrhiza* RoxB.)**

WARAS NURCHOLIS<sup>1,2\*</sup>, LAKSMI AMBARSARI<sup>1,2</sup>, GIA PERMASKU<sup>1</sup>, LATIFAH K DARUSMAN<sup>2,3</sup>, POPI ASRI KURNIATIN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Pertanian Bogor.

<sup>2</sup>Pusat Studi Biofarmaka, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor.

<sup>3</sup>Departemen Kimia, FMIPA, Institut Pertanian Bogor.

Diterima 7 Februari 2015, Disetujui 24 April 2015

**Abstrak:** Temulawak merupakan salah satu tanaman obat Indonesia yang termasuk dalam keluarga Zingiberaceae. Kurkuminoid merupakan salah satu senyawa bioaktif dalam temulawak yang dilaporkan memiliki aktivitas biologi. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kandungan kurkuminoid dan penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase dari ekstrak empat aksesori temulawak asal Jawa Barat (Sukabumi), Jawa Tengah (Wonogiri dan Karanganyar), Jawa Timur (Ngawi), dan satu ekstrak asal Bogor-Jawa Barat. Simplisia temulawak tersebut diekstraksi secara bertahap dengan etanol dan *n*-heksan. Kandungan kurkuminoid diukur dengan menggunakan metode HPLC. Aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase dilakukan secara *in vitro* dengan *microplate reader* pada 410 nm. Aksesori temulawak asal Wonogiri menunjukkan kandungan kurkuminoid tertinggi, dengan hasil pengukuran antara 35,57-85,19 mg/g. Nilai  $IC_{50}$  untuk aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase antara 333,27908,35  $\mu$ g/mL, dengan  $IC_{50}$  terbaik adalah temulawak aksesori Wonogiri. Berdasarkan penelitian ini, aksesori temulawak asal Wonogiri sangat baik dalam hal kandungan kurkuminoid dan aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase dibandingkan dengan aksesori asal Sukabumi, Karanganyar dan Ngawi, maupun dengan varietas asal Bogor.

**Kata kunci:** Kurkuminoid,  $\alpha$ -glukosidase, temulawak, aksesori

**Abstract:** *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. is one type of Indonesian herbs derived from family Zingiberaceae. Curcuminoids is generally considered its most active constituent on *C. xanthorrhiza* that response biological activities. Present study evaluates the curcuminoids content and  $\alpha$ -glucosidase inhibition of the four extracts of promoting lines of *C. xanthorrhiza* from West Java (Sukabumi), Central Java (Wonogiri and Karanganyar), East Java (Ngawi) and one extract varieties of *C. xanthorrhiza* from Bogor-West Java. For that purpose, dry-powdered of *C. xanthorrhiza* were sequentially extracted with ethanol and *n*-hexane. HPLC method was used to determine curcuminoids content. The  $\alpha$ -glucosidase inhibitory effect of extracts *C. xanthorrhiza* was measured *in vitro* with microplate reader at 410 nm. The highest curcuminoids content were found to be in the promoting lines of *C. xanthorrhiza* from Wonogiri, which ranged from 35,57-85,19 mg/g.  $IC_{50}$  values for  $\alpha$ -glucosidase inhibitor activity ranged from 333,27-908,35  $\mu$ g/mL, with the promoting lines of *C. xanthorrhiza* from Wonogiri having the lowest value and therefore the most potent. In this study, the promoting lines of *C. xanthorrhiza* from

\* Penulis korespondensi, Hp. 08179825145  
e-mail: wnurcholis@apps.ipb.ac.id

Wonogiri exhibited most in curcuminoids content and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory than promoting lines from Sukabumi, Karanganyar, Ngawi, and varieties from Bogor.

**Keywords:** Curcuminoids,  $\alpha$ -glucosidase, *Curcuma xanthorrhiza* roxb., promoting line.

## PENDAHULUAN

TEMULAWAK (*Curcuma xanthorrhiza* RoxB.) merupakan salah satu tanaman obat dalam bentuk rimpang dari keluarga Zingiberaceae dengan karakterisasi berbatang semu, tumbuh baik dan dapat beradaptasi di tempat terbuka maupun di bawah tegakan pohon hingga tingkat naungan 40%<sup>(1)</sup>. Berdasarkan Rahardjo 2010<sup>(1)</sup>, di Indonesia, temulawak tersebar dan tumbuh pada 13 provinsi meliputi Sumatera Utara, Riau, Jambi, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, DIYogyakarta, Jawa Timur, Bali, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Sulawesi Utara dan Sulawesi Selatan.

Temulawak telah terbukti berkhasiat sebagai obat baik secara tradisional maupun melalui kajian ilmiah. Secara tradisional, rimpang temulawak telah digunakan untuk mengobati batu ginjal, demam, hiperkolesterol, nyeri sendi dan gangguan hati<sup>(2)</sup>. Beberapa kajian secara farmakologi menunjukkan bahwa temulawak berkhasiat sebagai antimikroba<sup>(3)</sup>, antikanker<sup>(4)</sup>, antijamur<sup>(5)</sup>, antioksidan<sup>(6)</sup>, hipolipidemia<sup>(7)</sup>, antihiperglikemia<sup>(8)</sup>.

Kurkuminoid merupakan salah satu bioaktif utama temulawak yang memberikan warna kuning pada rimpang<sup>(9)</sup>. Beberapa kajian ilmiah menunjukkan adanya potensi farmakologi dari senyawa kurkuminoid, diantaranya sebagai antioksidan<sup>(10, 11, 12)</sup>, antiinflamasi<sup>(13)</sup>, antitumor<sup>(14)</sup>, antialergi<sup>(15)</sup> dan antidimensia<sup>(16)</sup>.

Hiperglikemia *postprandial* merupakan salah satu kondisi abnormal awal dari homeostatis glukosa darah<sup>(17)</sup> yang dapat menyebabkan terjadinya penyakit diabetes mellitus khususnya tipe 2. Salah satu strategi yang dapat digunakan untuk menurunkan produksi dan absorpsi glukosa adalah melalui penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase sebagai enzim yang memiliki kemampuan dalam menghidrolisis karbohidrat<sup>(18)</sup>. Kurkuminoid sebagai salah satu bioaktif utama temulawak diketahui memiliki potensi sebagai antihiperglikemia melalui penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase<sup>(19)</sup>.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kandungan kurkuminoid dan aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase dari ekstrak aksesori temulawak yang berasal dari Jawa Barat (Sukabumi), Jawa Tengah (Wonogiri dan Karanganyar), Jawa Timur (Ngawi), dan juga satu varietas asal Balitro, Bogor Jawa Barat.

## BAHAN DAN METODE

**BAHAN.** Simplisia aksesori temulawak dari Jawa Barat (Sukabumi), Jawa Tengah (Wonogiri dan Karanganyar) dan Jawa Timur (Ngawi), simplisia varietas Kursina dari Balitro (Bogor-Jawa Barat), substrat *p*-NPG, enzim  $\alpha$ -glukosidase dan standar kurkuminoid diperoleh dari Sigma-Aldrich (USA). Semua bahan kimia yang digunakan memiliki *grade* analitik.

**Alat.** *Microplate reader* (Costar) dan *high performance liquid chromatography* (HPLC) (Hitachi).

### METODE. Persiapan dan Ekstraksi Sampel.

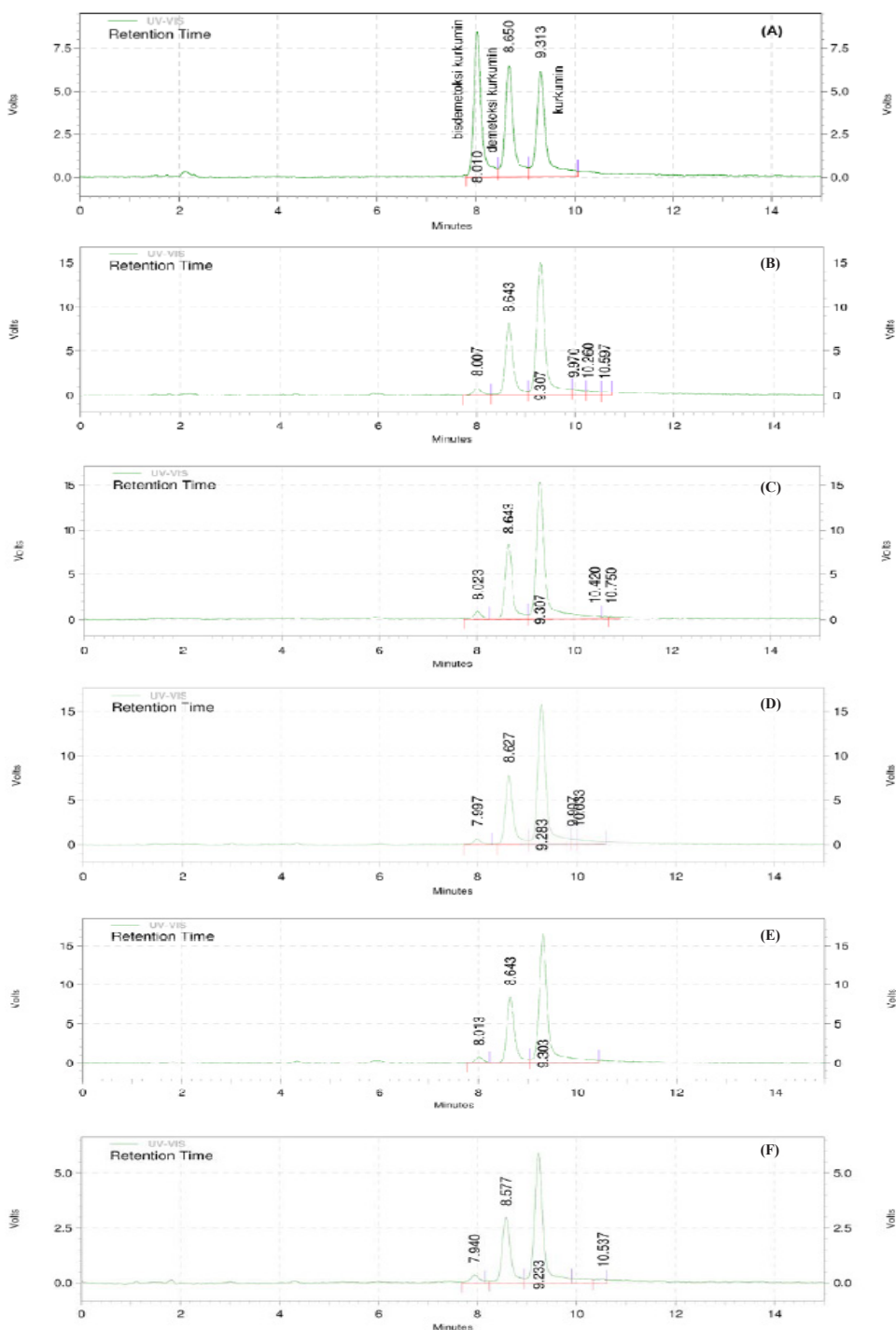
Tanaman temulawak varietas Kursina asal Balitro (Bogor, Jawa Barat) dan aksesori temulawak dari Jawa Barat (Sukabumi), Jawa Tengah (Wonogiri dan Karanganyar), dan Jawa Timur (Ngawi) dikupas kulitnya, dicuci dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 4-5 hari. Serbuk simplisia masing-masing temulawak tersebut diekstraksi untuk mendapatkan ekstrak kurkuminoid sesuai metode maserasi<sup>(20)</sup>. Sebanyak 25 g simplisia masing-masing temulawak diekstraksi secara maserasi dengan 250 mL etanol 96% selama 2 x 24 jam. Ekstrak disaring dan filtratnya dikumpulkan dalam labu ekstraksi. Selanjutnya dilanjutkan dengan ekstraksi cair-cair dengan *n*-heksan pada 1:1 (v/v). Fraksi etanol dipisahkan dan selanjutnya dipekatkan dalam *rotary evaporator* untuk menghasilkan ekstrak kurkuminoid. Ekstrak kurkuminoid yang diperoleh dari masing-masing temulawak tersebut digunakan untuk analisis kandungan kurkuminoid dan aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase.

**Analisis Kandungan Kurkuminoid.** Penentuan kandungan kurkuminoid dari masing-masing ekstrak temulawak dilakukan dengan HPLC sesuai metode yang dikembangkan Jayaprakasha *et al.*<sup>(21)</sup>. Sebanyak 0,05 g sampel ditimbang dan dilarutkan ke dalam 50 mL metanol. Larutan disaring dengan kertas saring 0,45  $\mu$ m, kemudian dimasukkan ke dalam vial HPLC merk HITACHI. Sebanyak 20  $\mu$ L diinjeksikan ke dalam kolom HPLC. Standar kurkuminoid dibuat dengan konsentrasi 0,5 bpj. Fase diam yang digunakan adalah senyawa C<sub>18</sub>, sedangkan fase gerak adalah metanol. Panjang diameter kolom 25 x 4.6 mm, laju alir 1 mL/menit, panjang gelombang 254 nm, dan menggunakan detektor UV. Kandungan kurkuminoid pada masing-masing temulawak ditentukan berdasarkan pada luas

area sampel dibandingkan pada luas area standar kurkuminoid.

**Analisis Inhibisi Enzim  $\alpha$ -glukosidase.** Analisis aktivitas inhibisi enzim  $\alpha$ -glukosidase pada ekstrak temulawak dilakukan sesuai prosedur<sup>(22)</sup> yang dimodifikasi. Standar obat komersial unuk inhibisi aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase yang digunakan adalah akar bosa. Preparasi standar akar bosa dilakukan dengan melarutkan akar bosa dalam bufer fosfat (pH 7) dan HCl 2N : air suling pada 1:1 (v/v) dengan

konsentrasi 1% (b/v). Larutan enzim dibuat dengan melarutkan 1,0 mg enzim  $\alpha$ -glukosidase dalam larutan bufer fosfat (pH 7) yang mengandung 200 mg *bovine serum albumin* (BSA). Larutan enzim kemudian diencerkan 25 kali dengan bufer fosfat (pH 7). Campuran reaksi sampel terdiri atas 25  $\mu$ L p-NPG 20 mM, 25  $\mu$ L bufer fosfat (pH 7) 100 mM dan 1  $\mu$ L larutan ekstrak dalam DMSO (pada konsentrasi 50, 100, 250, 500, dan 1000  $\mu$ g/mL) atau standar positif atau blanko. Selanjutnya campuran tersebut



**Gambar 1.** Profil kromatogram HPLC: (A) standar kurkuminoid; (B) ekstrak aksesi temulawak asal Wonogiri; (C) ekstrak aksesi temulawak varietas Kursina asal Balitro Bogor; (D) ekstrak aksesi temulawak Karanganyar; (E) ekstrak aksesi temulawak asal Sukabumi; (F) ekstrak aksesi asal Ngawi.

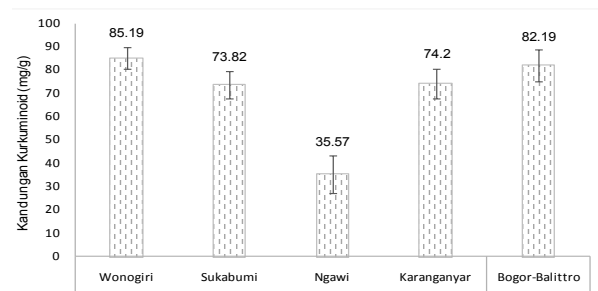
ditambahkan larutan enzim sebanyak 25  $\mu\text{L}$  dan diinkubasi selama 30 menit di ruang gelap. Setelah itu reaksi enzim dihentikan dengan menambahkan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  200 mM sebanyak 100  $\mu\text{L}$ . Selanjutnya larutan diukur dengan *microplate reader* pada panjang gelombang 410 nm. Persen penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Inhibisi} = [(C-S)/C] \times 100\%$$

dengan, S absorbansi sampel terkoreksi (SI-S<sub>0</sub>, untuk SI adalah absorbansi sampel dengan penambahan enzim dan S<sub>0</sub> adalah absorbansi sampel tanpa penambahan enzim) dan C adalah absorbansi kontrol terkoreksi atau DMSO (C1-C<sub>0</sub>, C1 adalah absorbansi DMSO dengan penambahan enzim dan C<sub>0</sub> adalah absorbansi DMSO tanpa penambahan enzim). Berdasarkan persentase penghambatan tersebut maka dapat ditentukan nilai IC<sub>50</sub> berdasarkan fungsi regresi non linier<sup>(23)</sup>.

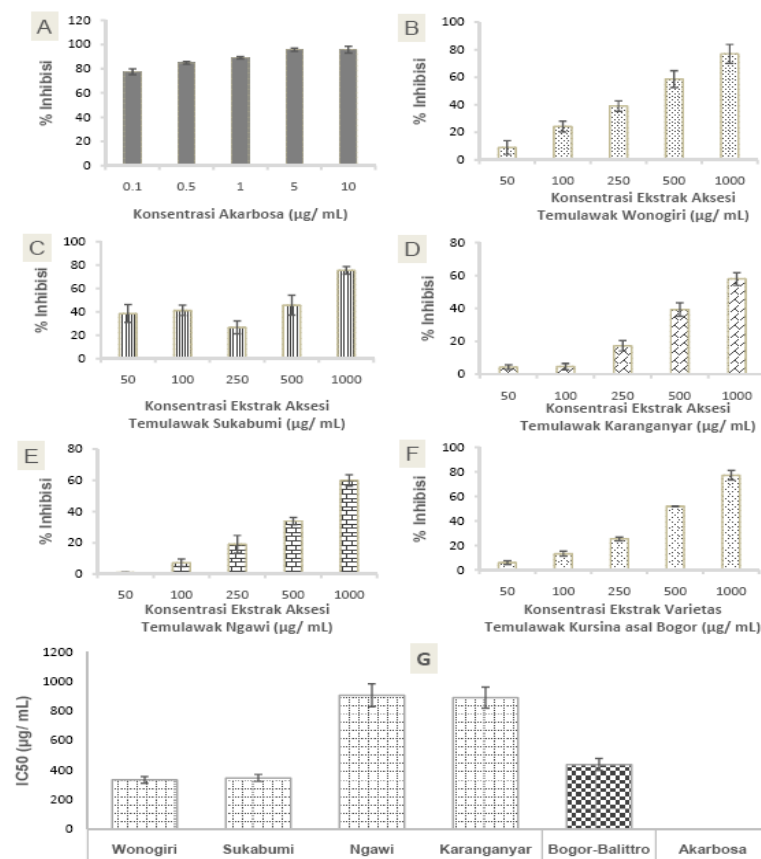
## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Analisis Kandungan Kurkuminoid.** Hasil HPLC masing-masing ekstrak temulawak ditunjukkan dalam profil kromatogram pada Gambar 1 dan



**Gambar 2.** Hasil analisis kandungan kurkuminoid temulawak aksesori asal Wonogiri, Sukabumi, Ngawi, Karanganyar dan varietas temulawak Kursina asal Bogor (Balittro).

kandungan kurkuminoid pada Gambar 2. Ekstrak kurkuminoid temulawak memiliki kandungan bisdemetoksikurkumin yang lebih rendah dibandingkan dengan kurkumin dan demetoksikurkumin berdasarkan profil kromatogram. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian Jantan *et al.*<sup>(24)</sup> yang menunjukkan hasil isolasi kurkuminoid pada ekstrak metanol temulawak meliputi 2,3% kurkumin, 1,9% demetoksikurkumin dan 0,8% bisdemetoksikurkumin. Sementara itu berdasarkan kandungan kurkuminoid, ekstrak temulawak aksesori Wonogiri memiliki kandungan tertinggi yaitu 85,19 mg/g diikuti oleh varietas temulawak Kursina asal Balittro Bogor (82,19 mg/g), aksesori temulawak Karanganyar (74,20 mg/g),



**Gambar 3.** Persentase inhibisi enzim  $\alpha$ -glukosidase dari: (A) akarbosa; (B) ekstrak temulawak aksesori Wonogiri; (C) ekstrak temulawak aksesori Sukabumi; (D) ekstrak temulawak aksesori Karanganyar; (E) ekstrak temulawak aksesori Ngawi; (F) ekstrak temulawak varietas Kursina; dan (G) nilai IC<sub>50</sub> dari masing-masing temulawak dan standar obat komersial.

aksesi temulawak Sukabumi (73,82 mg/g) dan aksesinya temulawak Ngawi (35,57 mg/g). Dibandingkan dengan varietas temulawak Kursina asal Balitro Bogor, tiga aksesinya temulawak yaitu Wonogiri, Karanganyar, dan Sukabumi tidak berbeda nyata dalam produksi kurkuminoid pada selang kepercayaan  $\alpha = 0,05$ . Berdasarkan kandungan kurkuminoid menunjukkan bahwa aksesinya temulawak Wonogiri sangat potensial untuk dikembangkan menjadi varietas baru temulawak sebagai tanaman obat.

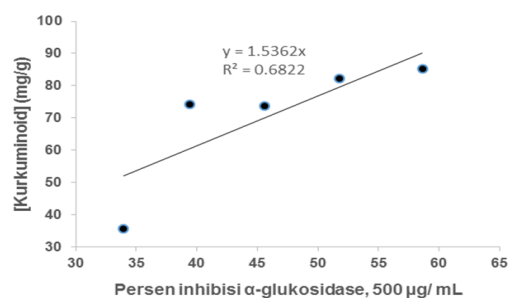
#### Analisis Inhibisi Enzim $\alpha$ -Glukosidase.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semua sampel temulawak memiliki kemampuan dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase seperti halnya standar obat komersial akar bosa yang digunakan sebagai pembanding. Persentase inhibisi aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase pada konsentrasi sampel temulawak 50, 100, 250, 500 dan 1000  $\mu\text{g/mL}$  untuk semua sampel temulawak menunjukkan pola yang sama yaitu peningkatan inhibisi enzim, kecuali sampel ekstrak aksesinya temulawak Sukabumi yang ada penurunan penghambatan pada konsentrasi 250  $\mu\text{g/mL}$  (Gambar 3B-F). Peningkatan inhibisi enzim  $\alpha$ -glukosidase juga terjadi pada akar bosa dengan adanya penambahan konsentrasi meliputi 0,1; 0,5; 1, 5, dan 10  $\mu\text{g/mL}$  seperti ditunjukkan pada Gambar 3A.

Akar bosa sangat aktif dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase yang ditunjukkan dengan nilai  $\text{IC}_{50}$  sebesar 0,53  $\mu\text{g/mL}$  dibandingkan dengan ekstrak aksesinya temulawak Wonogiri (333,27  $\mu\text{g/mL}$ ), Sukabumi (347,10  $\mu\text{g/mL}$ ), Ngawi (908,35  $\mu\text{g/mL}$ ), Karanganyar (892,17  $\mu\text{g/mL}$ ), dan ekstrak varietas temulawak Kursina (438,04  $\mu\text{g/mL}$ ) (Gambar 3G).  $\text{IC}_{50}$  akar bosa sangat signifikan dengan nilai konsentrasi yang kecil dibandingkan ekstrak temulawak baik aksesinya maupun varietas pembanding yang digunakan pada selang kepercayaan  $\alpha = 0,05$ . Nilai  $\text{IC}_{50}$  menunjukkan besarnya konsentrasi yang dapat menghambat 50% aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase, sehingga semakin kecil nilai  $\text{IC}_{50}$  maka semakin potensial dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase.

Temulawak aksesinya Wonogiri dan Sukabumi sangat potensial dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase lebih baik dibandingkan dengan varietas temulawak Kursina. Salah satu komponen bioaktif yang diduga dapat menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase adalah kurkuminoid. Aktivitas penghambatan kurkuminoid temulawak terhadap enzim  $\alpha$ -glukosidase telah dibuktikan oleh Du *et al.*<sup>(19)</sup> yang menunjukkan senyawa murni kurkuminoid memiliki penghambatan yang sangat tinggi ( $\text{IC}_{50}$  2,8-23,0  $\mu\text{M}$ ). Hal yang sama terjadi pada penelitian ini, yaitu berdasarkan korelasi yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat

antara kandungan kurkuminoid pada temulawak terhadap persentase penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase (Gambar 4).



Gambar 4. Korelasi antara kandungan kurkuminoid pada sampel temulawak terhadap persentase inhibisi enzim  $\alpha$ -glukosidase pada konsentrasi sampel 500  $\mu\text{g/mL}$ .

## SIMPULAN

Aksesinya temulawak asal Wonogiri memiliki kandungan kurkuminoid (85,19 mg/g) dan nilai  $\text{IC}_{50}$  (333,27  $\mu\text{g/mL}$ ) untuk penghambatan aktivitas enzim terbaik dibandingkan aksesinya yang lain (Karanganyar, Ngawi, dan Sukabumi) dan varietas Kursina asal Balitro. Pengembangan aksesinya temulawak Wonogiri menjadi varietas perlu dibuktikan lebih lanjut terkait keajaiban mutu yang terkandung pada tanaman tersebut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan pada Program Hibah Kompetitif melalui skema Penelitian RAPID (83/IT3.11/LT/2014).

## DAFTAR PUSTAKA

- Rahardjo M. Penerapan SOP budidaya untuk mendukung temulawak sebagai bahan baku obat potensial. *Perspektif*. 2010. 9(2):78-93.
- Batubara I, Julita I, Darusman LK, Muddathir AM, Mitsunaga T. Flower bracts of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) for skin care: anti-acne and whitening agents. *Procedia Chem*. 2015. 14:216-24.
- Mary HPA, Susheela GK, Jayasree S, Nizzy AM, Rajagopal B, Jeeva S. Phytochemical characterization and antimicrobial activity of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2012. 2(2):S637-40.
- Cheah YH, Azimahtol HLP, Abdullah NR. Xanthorrhizol exhibits antiproliferative activity on MCF-7 breast cancer cells via apoptosis induction. *Anticancer Res*. 2006. 26:4527-34.
- Rukayadi Y, Yong D, Hwang JK. *In vitro* anticandidal activity of xanthorrhizol isolated from *Curcuma xanthorrhiza* RoxB. *J Antimicrob Chemother*. 2006. 132:1-4.



6. Devaraj S, Ismail S, Ramanathan S, Yam MF. Investigation of antioxidant and hepatoprotective activity of standardized *Curcuma xanthorrhiza* rhizome in carbon tetrachloride-induced hepatic damaged rats. *The Scientific World Journal*. 2014. 8.
7. Kim MB, Kim C, Song Y, Hwang JK. Antihyperglycemic and anti-inflammatory effects of standardized *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. extract and its active compound xanthorrhizol in high-fat diet-induced obese mice. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2014. 24.
8. Kim MB, Kim C, Song Y, Hwang JK. Antihyperglycemic and anti-inflammatory effects of standardized *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. extract and active compound xanthorrhizol in high-fat diet-induced obese mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014. 10.
9. Nurcholis W, Ambarsari L, Darusman LK. Curcuminoid contents, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb and *Curcuma domestica* Val promising lines from Sukabumi of Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNESA*, 2012. C284-92.
10. Sahebkar A, Serban MC, Ursoniu S, Banach M. Effect of curcuminoids on oxidative stress: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Functional Foods*. 2015. doi: 10.1016/j.jff.2015.01.005.
11. Borra SK, Gurumurthy P, Mahendra J, Jayamathi KM, Cherian CN, Chand R. Antioxidant and free radical scavenging activity of curcumin determined by using different *in vitro* and *ex vivo* models. *J Med Plants Res*. 2013. 7(36):2680-90.
12. Jayaprakasha GK, Rao LJ, Sakariah KK. Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. *Food Chem*. 2006. 720-4.
13. Bagad AS, Joseph JA, Bhaskaran N, Agarwal A. Comparative evaluation of anti-inflammatory activity of curcuminoids, turmerones and aqueous extracts of *Curcuma longa*. *Adv Pharmacol Sci*. 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/805756>.
14. Jiang JL, Jin XL, Zhang H, Su X, Qiao B, Yuan YJ. 2012. Identification of antitumor constituents in curcuminoids from *Curcuma longa* L. based on the composition-activity relationship. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 2012. 70: 664-70.
15. Shimoda K, Hamada H. Enzymatic synthesis and anti-allergic activities of curcumin oligosaccharides. *Biochemistry Insights*. 2010. 3: 1-5.
16. Brondino N, Re S, Boldrini A, Cuccomarino A, Lanati N, Barale F, Politi P. Curcumin as a therapeutic agent in dementia: a mini systematic review of human studies. *The Scientific World Journal*. 2014. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/174282>.
17. Hussain SA, Ahmed ZA, Mahwi TO, Aziz TA. Effect of quercetin on postprandial glucose excursion after mono- and disaccharides challenge in normal and diabetic rats. *J Diabetes Melitus*. 2012. 2(1):82-87.
18. Manaharan T, Appleton D, Cheng HM, Palanisamy UD. Flavonoids isolated from *Syzygium aqueum* leaf extract as potential antihyperglycaemic agents. *Food Chem*. 2012. 132:1802-7.
19. Du Z, Liu R, Shao W, Mao X, Ma L, Gu L, Huang Z, Chan ASC. A-Glucosidase inhibition of natural curcuminoids and curcumin analogs. *Eur J Med Chem*. 2005. 41(2):213-8.
20. Sutrisno, Sukarianingsih D, Saiful M, Putrika A, Kusumaningtyas DI. Curcuminoids from *Curcuma xanthorrhiza* Roxb: isolation, characterization, identification, and analysis of antioxidant activity. *Proceeding of the First International Symposium on Temulawak, Bogor, 27-29 Mei 2008*. Bogor (ID): Biopharmaca Research Center Bogor Agricultural University, 225-30.
21. Jayaprakasha GK, Rao LJ, Sakariah KK. Improved HPLC method for determination of curcumin, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin. *Food Chem*. 2002. 50:3668-72.
22. Sugiwati S. Aktivitas antihiperlipidemia dari ekstrak buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa* (Scheff) Boerl.) sebagai Inhibitor  $\alpha$ -gukosidase *in vitro* dan *in vivo* pada tikus putih [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor; 2005.
23. Nair SS, Kavrekar V, Mishra A. *In vitro* studies on alpha amylase and alpha glucosidase inhibitory activities of selected plant extracts. *Eur J Exp Biol* 2013. 3(1): 128-32.
24. Jantan I, Saputri FC, Qaisar MN, Buang F. Correlation between chemical composition of *Curcuma domestica* and *Curcuma xanthorrhiza* and their antioxidant effect on human low-density lipoprotein oxidation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012. 10.