



Antioxidant Activity Test of Sweet Potato Peel (*Ipomoea batatas*) from Various Regions in Indonesia and In Silico Prediction of Secondary Metabolite Compounds

Amenia Kahfi, Adri Nora, Febriana Dwi Wahyuni*

Program Studi Bioteknologi, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Esa Unggul, Jl. Arjuna Utara No.9, Jakarta barat 11510, DKI Jakarta, Indonesia

*Corresponding Author: febriana@esaunggul.ac.id

ABSTRACT

Antioxidants are compounds that can prevent oxidation reactions due to free radicals. Oxidation is a chemical reaction that can transfer electrons from a substance to an oxidizing agent. External antioxidant intake can be in the form of natural or synthetic antioxidants. The purpose of this study was to determine the antioxidant activity of sweet potato skin and to predict the groups of secondary metabolites in the sweet potato genome. So that this study can be used as a reference for further research to improve plant secondary metabolites. In this study, antioxidant activity was tested using the DPPH method using sweet potato skin samples from several regions in Indonesia, namely Riau, Tomohon, Balikpapan, Jambi, Pontianak, Kupang, Bangka, Medan, and Merauke. In the antioxidant activity test, total phenols in sweet potato skin were also tested using the Folin Ciocalteu method. Meanwhile, to predict the group of secondary metabolites using web-based bioinformatics analysis plantiSMASH. The results of the antioxidant activity test on sweet potato skin showed that the antioxidant activity of purple sweet potatoes from Pontianak was very strong at 46.17 ppm and sweet potatoes that had weak antioxidant activity were young orange sweet potatoes from Riau at 231.79 ppm. The highest total phenol content of sweet potato skin was found in white sweet potatoes from Merauke at 3.95 GAE/g and the lowest in red sweet potatoes from Jambi at 0.92 GAE/g.

Keywords: alkaloid, bioinformatics, metabolomics, phenol total

Abstrak

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah reaksi oksidasi akibat radikal bebas. Oksidasi adalah reaksi kimia yang dapat mentransfer elektron dari suatu zat ke zat pengoksidasi. Asupan antioksidan dari luar dapat berupa antioksidan alami maupun sintetik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas antioksidan kulit ubi jalar dan memprediksi golongan metabolit sekunder yang ada pada genom ubi jalar. Sehingga dari penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya guna meningkatkan metabolit sekunder tanaman. Pada penelitian ini, diuji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH dengan menggunakan sampel kulit ubi jalar dari beberapa daerah di Indonesia yaitu Riau, Tomohon, Balikpapan, Jambi, Pontianak, Kupang, Bangka, Medan, dan Merauke. Pada uji aktivitas antioksidan, total fenol pada kulit ubi jalar juga diuji dengan metode Folin Ciocalteu. Sedangkan untuk memprediksi golongan metabolit sekunder menggunakan analisis bioinformatika berbasis web plantiSMASH. Hasil uji aktivitas antioksidan pada kulit ubi jalar diperoleh aktivitas antioksidan ubi jalar ungu asal Pontianak sangat kuat sebesar 46,17 ppm dan ubi jalar yang memiliki aktivitas antioksidan lemah pada ubi jalar oranye muda asal Riau sebesar 231,79 ppm. Total fenol kulit ubi jalar tertinggi terdapat pada ubi jalar putih sampel Merauke sebesar 3,95 GAE/g dan terendah pada ubi jalar merah asal Jambi sebesar 0,92 GAE/g.

Kata Kunci: alkaloid, bioinformatika, metabolomic, total fenol

PENDAHULUAN

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu mencegah reaksi oksidasi dari radikal bebas. Oksidasi ini merupakan reaksi kimia yang dapat mentransfer elektron dari satu zat ke oksidator. Reaksi oksidasi mampu menghasilkan suatu radikal bebas yang dapat memicu terjadinya reaksi berantai, sehingga mampu menyebabkan kerusakan sel dalam tubuh [1]. Radikal bebas adalah senyawa atau molekul yang didalamnya mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbital luarnya. Dengan adanya elektron yang tidak berpasangan maka akan mengakibatkan senyawa tersebut bersifat reaktif untuk mencari pasangan elektron dari molekul yang berada di sekitarnya, seperti lipid, protein atau DNA. Tubuh manusia memiliki antioksidan untuk mencegah atau menangkal aktivitas radikal bebas, yang sudah terbentuk di dalam tubuh. Namun, apabila terjadi paparan radikal yang cukup banyak maka tubuh memerlukan asupan antioksidan yang berasal dari luar [2]. Salah satu tanaman yang memiliki kandungan aktivitas antioksidan yaitu pada ubi jalar (*Ipomoea batatas*). Kulit ubi jalar mengandung asam kafeik yang memiliki sifat antioksidan kuat [3]. Dalam penentuan aktivitas antioksidan dapat dilakukan menggunakan *inhibitory concentration* (IC₅₀). Sehingga untuk melakukan pengukuran aktivitas antioksidan pada penelitian ini dengan sampel kulit ubi jalar menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).

Pengujian kadar total fenol untuk mengatur kadar fenol yang terdapat dalam sampel, berdasarkan kandungan total fenol yang diperoleh dari persamaan garis kurva standar. Senyawa fenol yang ada pada tanaman memiliki sifat redoks, dapat bertindak sebagai antioksidan [4]. Metode Folin - Ciocalteu ini telah digunakan dalam penentuan fenolat tanaman, obat – obatan, vitamin C dan lainnya pada berbagai jenis sampel seperti ekstrak tanaman, urin dan madu. Selain itu, penelitian ini akan melakukan analisis metabolit sekunder secara *in silico* pada genom ubi jalar yang ada pada database NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) dan diidentifikasi melalui plantSMASH. Hasil yang didapatkan dari identifikasi genom ubi jalar akan memberikan informasi mengenai golongan – golongan metabolit sekunder yang kemungkinan dihasilkan oleh ubi jalar. Analisis metabolit sekunder secara *in silico* dilatar belakangi karena adanya perkembangan besar

pada bidang omics salah satunya adalah metabolomik.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Sampel dan Pembuatan Simplisia

Sampel yang digunakan pada penelitian yaitu kulit dari Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) yang berasal dari beberapa daerah di Indonesia, yaitu Riau, Tomohon, Balikpapan, Jambi, Pontianak, Kupang, Bangka, Medan dan Merauke.

Penelitian ini menggunakan simplisia dari kulit ubi jalar kulit ubi jalar yang sudah dibersihkan pada air mengalir, dan dilakukan pengeringan dengan menggunakan *dehydrator* selama 24 jam pada suhu 60°C - 70°C. Setelah dilakukan pengeringan kulit ubi jalar dihancurkan menggunakan *blender* hingga membentuk serbuk.

Maserasi Simplisia

Maserasi atau perendaman dengan menggunakan metanol. Tujuan maserasi untuk mengekstrak zat aktif yang mudah larut pada cairan pengekstrak yaitu menggunakan metanol. Jumlah metanol yang digunakan pada maserasi ± 500 mL hingga simplisia terendam. Proses maserasi dilakukan selama 4 – 5 hari dengan keadaan tertutup dan tidak terpapar sinar matahari secara langsung.

Ekstraksi

Ekstraksi merupakan tahapan proses memisahkan antara zat terlarut atau senyawa yang tercampur pada suatu larutan yang memiliki perbedaan kelarutan. Ekstraksi dilakukan menggunakan kertas saring untuk memisahkan pelarut dengan zat yang terlarut. Cairan hasil dari penyaringan dilakukan penguapan menggunakan *evaporator* dan waterbath pada suhu 55°C dalam keadaan terbuka.

Uji Aktivitas Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan pada kulit ubi jalar dengan membuat larutan induk sebanyak 1000 ppm, dan dibagi menjadi beberapa konsentrasi 5 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 60 ppm dan 100 ppm. Kemudian dilakukan pembuatan larutan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 2,5 mg dalam 50 mL metanol. Larutan sampel yang sudah terbagi menjadi beberapa konsentrasi dilakukan pengenceran dengan metanol hingga 10 mL. Kemudian, setiap larutan diambil sebanyak 2 mL pada masing-masing

konsentrasi dan dimasukkan ke dalam 2 mL larutan DPPH. Setelah itu, dilakukan inkubasi selama 30 menit. Untuk membuat blanko ditambahkan 2 mL metanol dengan 2 mL DPPH yang akan diukur absorbansi pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer.

Untuk menghitung nilai IC_{50} dapat dilakukan dengan pembuatan kurva yang terdiri dari konsentrasi sampel dan %inhibisi antioksidan, dari kurva tersebut mendapatkan persamaan berupa $y = ax + b$. Untuk mendapatkan nilai %kapasitas antioksidan dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (1).

$$\% \text{Inhibisi} = \frac{A_{\text{blanko}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{blanko}}} \times 100\% \dots\dots (1)$$

Dari persamaan $y = ax + b$, nilai IC_{50} (x) dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan (2)

$$IC_{50} = \frac{50 - b}{a} \dots\dots\dots (2)$$

Uji Total Fenol

Uji total fenol menggunakan larutan asam galat sebagai larutan standar sebanyak 1000 ppm dan dibagi menjadi beberapa konsentrasi 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 10 ppm. Setiap konsentrasi ditambahkan folin sebanyak 0,4 mL di inkubasi selama 4 – 8 menit. Penambahan larutan Na_2CO_3 2% sebanyak 4 mL pada konsentrasi yang sudah di inkubasi, dan diencerkan menggunakan aquades hingga 10 mL dan diinkubasi selama 2 jam. Untuk pengujian total fenol pada sampel dibuat larutan induk sebanyak 1000 ppm dan yang digunakan sebanyak 0,1 mL, tahapan berikutnya sama dengan menghitung larutan standar. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 765 nm.

Analisis Metabolit sekunder secara in silico

Data genom ubi jalar (*Ipomoea batatas*) memiliki nomor ID 11776 yang diperoleh dari basis data NCBI yang dapat diakses melalui <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. Genom ubi jalar yang didapatkan lima belas kromosom dengan format *fasta*.

Dari data kromosom yang telah didapatkan dilakukan proses anotasi terlebih dahulu dengan menggunakan website *use galaxy* <https://usegalaxy.eu>, dengan menggunakan *tools* August dengan tanaman model *A. thalina* dan diunduh dalam bentuk GFF3.

Kromosom dengan format *fasta* dan yang telah dilakukan anotasi disubmit pada web plantasmash.secondary.metabolites.org. Sehingga akan menampilkan sebuah cluster gen yang mengkode gen golongan metabolit sekunder. Selain mengkode gen metabolit sekunder didalamnya terdapat kelas enzim, dan juga informasi identitas asam amino pada gen homolog dalam lokus yang sama. Dari data yang didapatkan dari gen – gen pengkode dapat mengetahui kandungan didalam gen yang ada pada golongan metabolit sekunder dan membantu proses alur biosintetik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel kulit ubi jalar yang telah dibuat simplisia memiliki berat rata – rata 20gram – 75gram pada setiap sampel. Hasil dari proses maserasi simplisia menghasilkan warna coklat gelap. Simplisia yang telah dimaserasi kemudian dilakukan ekstraksi dan menghasilkan suatu ekstrak kental dengan berat rata – rata antara 1gram – 7gram pada masing – masing sampel.

Uji Aktivitas Antioksidan

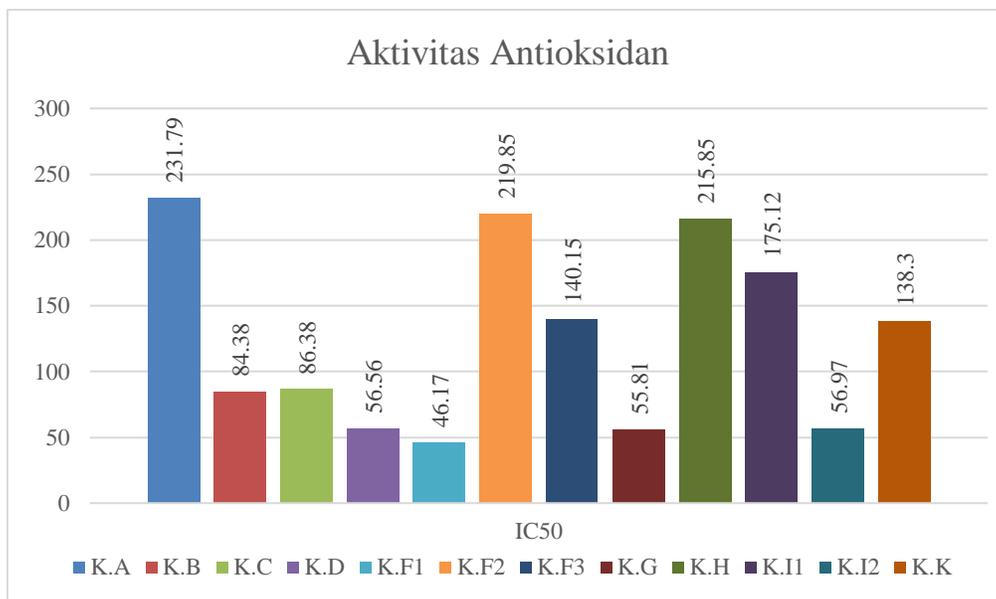
Penentuan aktivitas antioksidan pada penelitian ini dilakukan dengan dua kali pengulangan (*duplo*) menggunakan metode DPPH. Nilai IC_{50} merupakan besarnya konsentrasi sampel yang dapat menangkap 50% radikal bebas. Gambar dibawah merupakan aktivitas antioksidan yang dihitung menggunakan parameter IC_{50} .

Hasil penelitian pada sampel kulit ubi jalar dengan dua kali pengulangan (*duplo*) pada masing – masing sampel. Pengulangan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Hasil yang memiliki nilai IC_{50} tergolong sangat kuat sebesar 46,17 ppm pada varietas ubi jalar ungu dari Pontianak. Hal ini dikarenakan ubi jalar mengandung antosianin yang tinggi. Sedangkan nilai IC_{50} yang sangat lemah sebesar 213,79 ppm pada varietas ubi jalar orange muda dari Riau, varietas ubi jalar orange muda mengandung kandungan β karoten. Adanya perbedaan kekuatan antioksidan dari sampel yang didapatkan berbeda – beda. Walaupun memiliki varietas yang sama. Hal ini mungkin terjadi karena adanya perbedaan waktu panen dan lama penyimpanan dari sampel ubi jalar. Selain itu, proses ekstraksi yang kurang maksimal dan kurang tepatnya penyimpanan ekstrak. Dapat juga menyebabkan

penyerapan senyawa bioaktid pada ubi jalar kurang maksimal. Sehingga mempengaruhi aktivitas antioksidan.

Faktor internal juga dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan pada ubi jalar, salah satunya adalah faktor genetik. Gen mampu menentukan kemampuan metabolisme sehingga berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Lahan yang mengalami cekaman kekeringan akan menyebabkan kekurangan oksigen dalam tanah

sehingga tanaman tidak tumbuh maksimal [5]. Namun, faktor tersebut bukan hanya yang menentukan pertumbuhan dan perkembangan terdapat juga faktor eksternal yaitu cahaya, iklim, nutrisi, dan pH tanah. Ubi jalar dapat ditanam pada suhu ideal 21°C - 27°C dengan curah hujan 750 – 1.500 mm per tahun. Ubi jalar juga memerlukan sinar matahari yang cukup lama yaitu 11 – 12 jam setiap hari, dan dengan pH tanah 5,5 – 7,5 [6].



Gambar 1. Aktivitas Antioksidan pada Ubi Jalar dari Berbagai Daerah

Uji Total Fenol

Untuk melakukan penentuan kandungan total fenol pada sampel diukur dengan metode *Folin-Ciocalteu* dan dihitung serapan dengan panjang gelombang 765 nm. Pengujian total fenol dilakukan untuk mengetahui kadar fenol yang terdapat pada sampel kulit ubi jalar. Pengujian ini dilakukan karena aktivitas antioksidan pada ubi jalar dipengaruhi karena adanya senyawa aromatik yaitu senyawa fenol. Dalam penentuan kadar total fenol digunakan asam galat sebagai larutan standar. Kandungan total fenol yang tertinggi terdapat pada sampel kulit ubi jalar dari Merauke dengan varietas ubi jalar putih sebanyak 3,95 mgGAE/g, dan yang terendah pada sampel kulit ubi jalar dari Jambi dengan varietas ubi jalar merah sebanyak 0,92 mgGAE/g.

Kandungan total fenol pada dua belas sampel kulit ubi jalar ekstrak metanol dengan kandungan total fenol yang paling tinggi pada sampel kulit ubi putih yang berasal dari Merauke sebesar 3,95 mgGAE/g dan total fenol yang paling rendah pada ubi jalar

merah yang berasal dari Jambi sebesar 0,922 mgGAE/g. Sehingga, diperoleh nilai rata – rata total fenol 2,009 mgGAE/g. Sedikitnya kandungan total fenol dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan. Dimana fenol tergolong senyawa yang memiliki sifat polar, sehingga untuk menghasilkan nilai total fenol yang tinggi sebaiknya digunakan pelarut polar. Pelarut yang memiliki sifat polar dapat melarutkan fenol jauh lebih baik sehingga dapat mempengaruhi kadar fenol pada ekstrak [7]. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa hasil pengujian senyawa total fenol dengan aktivitas antioksidan tidak memiliki korelasi. Hal ini mungkin terjadi karena, aktivitas antioksidan tidak hanya disebabkan oleh total fenol saja. Tetapi terdapat senyawa lainnya seperti triterpene, pentasiklik, vitamin C, antosianin yang berperan sebagai antioksidan. Pengujian aktivitas antioksidan dan total fenol ini dapat diaplikasikan dalam bidang kesehatan khususnya dalam pemenuhan obat – obatan. Hal ini sangat penting karena kandungan antioksidan yang berasal dari

tanaman alami yang mengandung sifat sitotoksitas yang lebih rendah.

Tabel 1. Rata-rata Kandungan Total Fenol

Kode Sampel	Absorbansi Sampel (Y)	Kadar Ekuivalen Asam galat (X)	Kandungan total fenol	Volume pengenceran 10 mL
K.A	0,0829	4,452631579	0,181962876	1,819628761
K.B	0,0806	4,210526316	0,197770142	1,977701417
K.C	0,1165	7,989473684	0,358111774	3,581117743
K.D	0,0842	4,589473684	0,092250727	0,922507273
K.F ₁	0,0917	5,378947368	0,16235881	1,623588098
K.F ₂	0,0792	4,063157895	0,178286876	1,782868756
K.F ₃	0,0871	4,894736842	0,246586239	2,465862389
K.G	0,142	10,67368421	0,145974893	1,459748935
K.H	0,0986	6,105263158	0,131465615	1,314656149
K.I ₁	0,0858	4,757894737	0,094797664	0,947976636
K.I ₂	0,1361	10,05263158	0,226054229	2,260542293
K.K	0,0806	4,210526316	0,395354584	3,953545836
Rata – rata kandungan total fenol mgGAE/g				2,009145357

Identifikasi Golongan Metabolit Sekunder *In Silico*

Identifikasi golongan metabolit sekunder bisa dilakukan secara *in silico* melalui pemanfaatan aplikasi bioinformatika. Identifikasi secara *in silico* penting dilakukan karena identifikasi *in silico* dapat memberikan informasi mengenai gen – gen yang berperan dalam biosintesis metabolit sekunder. Beberapa aplikasi berbasis web yang digunakan yaitu antiSMASH, fungiSMASH, dan plantiSMASH [8]. Platform antiSMASH menggabungkan dan memperluas alat yang sebelumnya selain itu memberikan fasilitas berbasis web yang ramah dalam penggunaannya. antiSMASH terus mengalami perkembangan dalam berbagai kelas metabolit sekunder yang berbeda, sehingga terdapat antiSMASH untuk genom bakteri, fungiSMASH untuk genom jamur, plantiSMASH untuk genom tanaman. Selain antiSMASH terdapat platform lainnya seperti SMURF analisis pencarian untuk *Products of canonical modular type I polyketide synthases* (PKSs) pada jamur, *nonribosomal peptide synthase* (NRPS) dan kluster gen terpenoid, PRISM untuk melakukan fungsionalitas pada *genome mining* dengan berfokus pada prediksi struktur kimia pada jalur biosintetik

PlantiSMASH dimanfaatkan sebagai salah satu perkembangan untuk melakukan identifikasi senyawa kimia alami yang tersusun oleh keragaman kluster gen biosintetik [9]. Hal ini karena,

plantiSMASH dapat mengidentifikasi fungsionalitas tanaman secara spesifik seperti profil HMM dan deteksi kluster yang dapat mendukung dalam analisis koekspresi yang disesuaikan dengan tanaman. PlantiSMASH ini merupakan turunan antiSMASH yang diperlukan dalam proses percepatan analisis.

Senyawa Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa yang tergolong kedalam senyawa yang mengandung nitrogen. Senyawa alkaloid dipilih karena memiliki tingkat homologi yang tinggi yaitu 87,74% dari hasil analisis. Dalam produksi metabolit sekunder terdapat gen yang berperan didalamnya untuk mengatur adanya cekaman abiotik dan biotik pada tanaman yang disebut dengan *Transcription Factor* (TF) WRKY. *Transcription Factor* (TF) WRKY pertama kali diidentifikasi pada *Sweet Potato Factor1* (SPF1), sebagai regulator negatif ekspresi sporamin dan amilase pada ubi jalar. Dengan melalui pendekatan TF WRKY untuk melakukan rekayasa pada tanaman sebagai upaya meningkatkan metabolit [10]. TF WRKY mengatur dalam jalur biosintesis alkaloid, promotor gen biosintetik yang berperan adalah terpeno indole alkaloid (TIA). Bahwa kotak-W merupakan elemen cis yang menunjukkan bahwa WRKY TF berperan penting dalam produksi alkaloid [11]. Hasil identifikasi ini dapat dilakukan dalam rekayasa genetika pada tanaman dengan mengekspresikan gen TF WRKY

yang telah diketahui perannya dalam metabolisme sekunder.

Cytochrome 450

Enzim cytochrome 450 terlibat pada sintesis dan metabolisme dari berbagai komponen seluler internal maupun eksternal. Enzim cytochrome 450 ini telah banyak diidentifikasi pada organisme termasuk hewan, tumbuhan, bakteri, dan virus. Cytochrome 450 mengkatalisis monooksigenasi pada metabolit primer dan sekunder pada tanaman. Gen p450 didalam setiap genom tanaman diperkirakan mencapai 1%. Hal ini menyatakan bahwa diversifikasi p450 memberikan kontribusi yang signifikan dalam proses terbentuknya jalur metabolisme. Selain itu P450 ini terlibat dalam proses biosintesis dan katabolisme hormon tanaman. Famili p450 ini sangat spesifik pada jalur biosintetik fitokimia terutama terpenoid dan alkaloid [12].

Prinsip – Prinsip Prediksi Biosintesis Metabolit Sekunder

Jalur biosintesis metabolit sekunder dapat diprediksi, melalui pendekatan *genome mining* dengan mengidentifikasi gen biosintetik yang tersebar [13]. Untuk melakukan identifikasi, pertama-tama perlu dilakukan anotasi gen pada genom yang diinginkan. Format GenBank yang berisi urutan DNA dan anotasi gen, untuk anotasi gen file yang dapat digunakan adalah GFF3, plantiSMASH dapat menerima data dalam semua format [8]. Apabila tidak tersedia anotasi gen maka menggunakan GlimmerHMM. BGCs dapat diidentifikasi berdasarkan enzim yang terlibat dalam biosintesis metabolit sekunder. HMM merupakan model probabilistik dari urutan linear melalui pendekatan algoritma untuk menginterpretasikan skor yang didapat dari matriks penilaian [14]. Profil HMM (pHMM) disusun untuk mewakili dalam kecocokan, penyisipan dan penghapusan, alat yang biasa digunakan oleh pHMM adalah HMMer. plantiSMASH menggunakan pHMM dengan profil khusus untuk enzim inti yang tersebar dari jalur biosintesis metabolit sekunder untuk melakukan deteksi BGC dengan basis profil. Enzim yang teridentifikasi akan dibandingkan dengan gen inti pada kluster BGC. Apabila dalam mendeteksi metabolit sekunder membutuhkan enzim khusus dapat dilakukan alternatif dengan metode probabilistic untuk mendeteksi metabolit sekunder BGC dengan algoritma ClusterFinder [8].

Strategi Menghubungkan Kluster Gen ke Molekul

Produk alami yang diketahui tidak semuanya memiliki BGC karena beberapa BGC yang terlihat masih mengkodekan produksi molekul kimia yang telah lama diketahui. Senyawa metabolit sekunder dapat dihubungkan kedalam BGC dengan memetakan prediksi monomer yang dihasilkan dari analisis BGC. Apabila secara kimia molekul tersebut berkaitan erat dengan produk alami lain sedangkan biosintesisnya sudah diketahui dapat menemukan BGC tunggal atau beberapa BGC dengan kemiripan yang tinggi dan sesuai dengan referensi MIBiG. Selain itu, apabila BGC mengkodekan PKSs atau NRPs akan mendapat varian baru molekul yang berpotensi sebagai gen pengkode enzim dan bersifat spesifik pada kluster [15].

KESIMPULAN

Semua kulit ubi jalar yang diuji dalam penelitian ini memiliki aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan pada kulit ubi jalar yang memiliki kandungan antioksidan yang paling kuat pada sampel kulit ubi jalar ungu yang berasal dari Pontianak sebesar 46,17 ppm. Sedangkan ubi jalar yang memiliki aktivitas antioksidan yang lemah terdapat pada ubi jalar orange muda dari Riau sebesar 231,79 ppm. Analisis metabolit sekunder secara *in silico* terdapat golongan yang paling banyak yaitu golongan terpen, alkaloid dan senyawa lignan dengan beberapa enzim yang membantu dalam proses biosintesis disetiap kluster. Senyawa yang memiliki tingkat identik yang tinggi yaitu pada senyawa alkaloid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawati, I. F., & Sutoyo, S. (2021). Review Artikel: Potensi Bunga Tanaman Sukun (*Artocarpus Altilis* [Park. I] Fosberg) Sebagai Bahan Antioksidan Alami. *Unesa Journal of Chemistry*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n1.p1-11>
- [2] Maharani, A. I., Riskierdi, F., Febriani, I., Kurnia, K. A., Rahman, N. A., Ilahi, N. F., & Farma, S. A. (2021). Peran Antioksidan Alami Berbahan Dasar Pangan Lokal dalam Mencegah Efek Radikal Bebas. *Prosiding Seminar Nasional Bio*, 1(2), 390–399.
- [3] Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-

- Hernández, M., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, *113*(4), 859–871. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- [4] Johari, M. A., & Khong, H. Y. (2019). Total Phenolic Content and Antioxidant and Antibacterial Activities of *Pereskia bleo*. *Advances in Pharmacological Sciences*, *2019*, 7428593. <https://doi.org/10.1155/2019/7428593>
- [5] Ilmawan, E., Subaedah, S., & Takdir, A. (2019). Analisis Keragaan Genetik Jagung Toleran Cekaman Kekeringan Di Lahan Sawah Tadah Hujan. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, *2*(2), 39–47. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v2i2.60>
- [6] Neltriana, N. (2015). Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Kotoran Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*). In *SKRIPSI FAKULTAS PERTANIAN ANDALAS*.
- [7] Noviyanty, A., & Anggriani Salingkat, C. (2019). Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Ekstraksi dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) [The Effect of Solvent Type to The Quality of Red Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*) Extracts]. *Kovalen*, *5*(3), 271–279.
- [8] Blin, K., Kim, H. U., Medema, M. H., & Weber, T. (2019). Recent development of antiSMASH and other computational approaches to mine secondary metabolite biosynthetic gene clusters. *Briefings in Bioinformatics*, *20*(4), 1103–1113. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx146>
- [9] Kautsar, S. A., Suarez Duran, H. G., Blin, K., Osbourn, A., & Medema, M. H. (2017). plantiSMASH: automated identification, annotation and expression analysis of plant biosynthetic gene clusters. *Nucleic Acids Research*, *45*(W1), W55–W63. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx305>
- [10] Tripathi, P., Rabara, R. C., & Rushton, P. J. (2014). A systems biology perspective on the role of WRKY transcription factors in drought responses in plants. *Planta*, *239*(2), 255–266. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1985-y>
- [11] Suttipanta, N., Pattanaik, S., Kulshrestha, M., Patra, B., Singh, S. K., & Yuan, L. (2011). The transcription factor CrWRKY1 positively regulates the terpenoid indole alkaloid biosynthesis in *Catharanthus roseus*. *Plant Physiology*, *157*(4), 2081–2093. <https://doi.org/10.1104/pp.111.181834>
- [12] Dwininda, W., Dwira, S., & Paramita, R. I. (2023). Analisis Polimorfisme Gen CYP pada Metabolisme Obat Analisis Polimorfisme Gen CYP pada Metabolisme. *Pratista Patologi*, *8*(1), 5–16.
- [13] Rehan, M., Gueddou, A., Alharbi, A., & Ben Abdelmalek, I. (2023). In Silico Prediction of Secondary Metabolites and Biosynthetic Gene Clusters Analysis of *Streptomyces thinghirensis* HM3 Isolated from Arid Soil. *Fermentation*, *9*(1). <https://doi.org/10.3390/fermentation9010065>
- [14] Yoon, B.-J. (2009). Hidden Markov Models and their Applications in Biological Sequence Analysis. *Current Genomics*, *10*(6), 402–415. <https://doi.org/10.2174/138920209789177575>
- [15] Cimermancic, P., Medema, M. H., Claesen, J., Kurita, K., Wieland Brown, L. C., Mavrommatis, K., Pati, A., Godfrey, P. A., Koehrsen, M., Clardy, J., Birren, B. W., Takano, E., Sali, A., Lington, R. G., & Fischbach, M. A. (2014). Insights into secondary metabolism from a global analysis of prokaryotic biosynthetic gene clusters. *Cell*, *158*(2), 412–421. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.06.034>