

**PRODUKSI GLUKOSAMIN BIJI BUAH SIWALAN
(*BORASSUS FLABELLIFER*) MENGGUNAKAN PRE-TREATMENT MAE
(MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION)**

***Glucosamine Production from a Siwalan Seeds (*Borassus flabellifer*)
Using Pre-Treatment MAE (Microwave Assisted Extraction)***

Nur Lailatul Rahmah^{1,2*}, Sisca Ikke Wulandari¹, Chastita Hikmatun Nisa'¹,
Dimas Rosi Syaiful Rohman¹

¹Jurusan Teknologi Industri Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya

²Grup Riset Agroindustri Palma-Universitas Brawijaya
Jalan Veteran, Malang - 65145

*Penulis Korespondensi: email: : nur_laila@ub.ac.id

Disubmit: 12 November 2018

Direvisi: 2 April 2019

Diterima: 23 Mei 2019

ABSTRAK

Biji buah siwalan diketahui memiliki susunan isomer karbohidrat bernama β -pyranosil yang dapat diidentifikasi sebagai glukosamin. Glukosamin banyak diproduksi dari sumber hewani yang dapat memberikan efek samping bagi seseorang yang intoleran terhadap protein hewani, sehingga diperlukan pengembangan glukosamin nabati seperti biji buah siwalan. Produksi glukosamin dapat ditingkatkan dengan menambahkan prekursor garam ammonium. Selain itu, ekstraksi menggunakan *pre-treatment Microwave Assisted Extraction* (MAE) terbukti dapat meningkatkan rendemen dan kualitas ekstrak. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perlakuan terbaik dalam produksi glukosamin melalui *pre-treatment* MAE berdasarkan variasi rasio bahan : prekursor dan lama waktu aplikasi MAE. Rancangan percobaan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok dengan 2 faktor perlakuan yaitu rasio bahan : prekursor NH_4Cl (b/v) 3 level (1:2 ; 1:3; dan 1:4) serta waktu aplikasi MAE 3 level (5 menit; 10 menit; dan 15 menit) dengan 2 kali ulangan. Perlakuan terbaik dari hasil ekstraksi glukosamin biji buah siwalan terdapat pada perlakuan rasio bahan : prekursor NH_4Cl (1:2) dan waktu ekstraksi 10 menit dimana ekstrak glukosamin terbaik memiliki kadar 380,33 ppm, pH 4,2, dan rendemen 13,69%

Kata kunci : Ammonium Klorida, Kadar Glukosamin, Prekursor NH_4Cl , Waktu MAE

ABSTRACT

Siwalan seeds are known to have composition of carbohydrate isomers called β -pyranosil which can be identified as glucosamine. Glucosamine is widely produced from animal sources which can provide side effects for someone who intolerance to animal's protein, so it is necessary to develop vegetable glucosamine such as from siwalan seeds. Glucosamine production can be increased by adding ammonium salt precursors. In addition, extraction using pre-treatment Microwave Assisted Extraction (MAE) was proven to increase yield and quality of extract. Therefore, this study was intended to determine the best treatment for glucosamine production from siwalan seeds through MAE pre-treatment based on variations of material ratio: precursor and the length of MAE time. The experimental design in this study was a randomized block design with 2 treatment factors, namely material ratio: precursor NH_4Cl (b/v) 3 levels (1:2; 1:3; and 1:4) and 3 levels of MAE time (5 minutes; 10 minutes; and 15 minutes) with 2 repetitions. The best treatment of glucosamine extracts of a siwalan seeds was on treatment material ratio: precursor NH_4Cl (b/v) (1:2) and extraction time 10 minutes where the best extract level of glucosamine was 380.33 ppm, pH 4.2, and yield 13.69%

Keywords : Ammonium Chloride, Glucosamine Content, Precursor NH_4Cl , MAE Time

PENDAHULUAN

Tanaman Siwalan merupakan salah satu jenis dari *palmae* yang dapat tumbuh di daerah kering dan pesisir. Di Indonesia, tanaman siwalan terutama tumbuh di bagian Timur Pulau Jawa, Madura, Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Di pulau Jawa dan Madura luas areal persebaran tanaman siwalan mencapai 15000 ha (Karmawati *et al.*, 2014). Tanaman siwalan memiliki potensi yang cukup tinggi untuk dikembangkan. Salah satu bagian tanaman siwalan yang berpotensi tersebut yakni biji buah siwalan. Biji buah siwalan memiliki kandungan gula, gula reduksi, protein, mineral, fosfor, besi, vitamin C dan B1 (Rahmah *et al.*, 2016). Berdasarkan penelitian Keerthi *et al.* (2009), ekstrak tepung biji buah siwalan memiliki susunan isomer karbohidrat yang bernama *Tetraglycoside spirostane*, yang mengandung residu berupa tiga *a-rhamnosyl* dan satu *β -pyranosil*. Sesuai dengan perbandingan spectra data, bahwasannya *β -pyranosil* memiliki struktur yang dapat diidentifikasi dengan glukosamin (*glucasaminosyl*). Berdasarkan penelitian Rahmah *et al.* (2016) didapat kandungan glukosamin pada biji buah siwalan sebesar 964 ppm menggunakan ekstraksi dengan NH_4Cl 1,59 M dan waktu perendaman 15 jam. Selain itu, penggunaan precursor Ammonium klorida 4,5 M dan lama perendaman 12 jam pada suhu 70 °C menghasilkan kadar glukosamin biji siwalan sebesar 1418,5 ppm; pH sebesar 4,47; rendemen sebesar 0,450%; dan *Loss on Drying* sebesar 0,242% (Hajar, 2016).

Produksi glukosamin pun mulai dikembangkan dan menggunakan berbagai macam bahan baku baik dari bahan hewani maupun nabati. Glukosamin banyak diproduksi sebagai prekursor obat untuk penyakit tulang. Glukosamin banyak diproduksi dari limbah cangkang *crustaceae* dan *antropoda*, dimana sebagian orang *intolerant* terhadap produk yang berasal dari hewani. Bagi beberapa orang yang memiliki alergi terhadap produk hewani akan merasakan efek samping berupa rasa mual, diare, susah pernafasan, gatal, bengkak, kram perut, sesak nafas, kesemutan pada tangan, kaki, bibir, ataupun kulit kepala (Jarti dan Trisno, 2017). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan glukosamin yang berasal dari nabati seperti biji buah siwalan.

Ekstraksi biji buah siwalan ini menggunakan *pre-treatment metode microwave assisted extraction*. Metode ini memanfaatkan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan pelarut secara efektif sehingga dapat menarik kandungan pada sampel kedalam pearut (Deo *et al.*, 2015). Metode MAE dapat membantu meningkatkan kadar ekstrak dalam waktu ekstraksi dan rasio pelarut yang lebih rendah dibanding dengan konvensional (Langat *et al.*, 2011). Terdapat beberapa faktor kritis yang mempengaruhi ekstraksi glukosamin dengan gelombang mikro yakni perbandingan antara rasio bahan dan pelarut serta lama ekstraksi. Secara umum, semakin besar perbandingan rasio bahan dan pelarut maka akan meningkatkan jumlah senyawa yang diekstrak (Winata dan Yuniarta, 2015). Meningkatnya waktu ekstraksi juga akan meningkatkan senyawa yang diekstrak (Mandal *et al.*, 2007). Metode ini diharapkan mampu menghasilkan glukosamin dengan kadar yang tinggi.

METODE

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji buah siwalan berwarna putih, bening, dan tekstur tidak keras yang diperoleh dari penjual yang berada di kota Malang, Jawa Timur, dengan umur 3 minggu. Bahan pendukung yang digunakan antara lain ammonium klorida, aquades (pH = 7), etanol 95%, dan *glucosamine hidrohloride* SIGMA-ALDRICH standar, dan asam asetat glasial.

Alat yang digunakan dalam penelitian produksi glukosamin dari biji buah siwalan meliputi *microwave*, pisau (*stainless steel*), timbangan, oven (Heraeus), loyang, ayakan 60 mesh, erlenmeyer 50 ml (pyrex), kertas saring, neraca analitik (AND/Gr-200), labu takar (pyrex), dan *hot plate and stirrer* (Labinco). Selain itu, peralatan yang digunakan pada analisis penelitian meliputi tabung reaksi (pyrex), spektrofotometer (Genesys 10 UV), pH meter (Eutech Ecosa), pipet tetes, pipet ukur, erlenmeyer 50 ml (pyrex), botol film negatif, dan beaker glass (pyrex).

Rancangan Percobaan

Proses ekstraksi disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor perlakuan dimana faktor pertama menggunakan rasio bahan : pelarut (b/v)

yang terdiri atas 3 level (1:2, 1:3, dan 1:4) dan faktor kedua yaitu lama waktu MAE terdiri atas 3 level (5, 10, dan 15 menit). Masing-masing perlakuan akan diulang sebanyak 2 kali sehingga didapatkan 18 satuan percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Adapun tahapan proses ekstraksi biji pinang dimulai dari biji buah siwalan dikupas dan dicuci hingga bersih. Dihitung bobot awal dari biji buah siwalan basah. Biji buah siwalan tersebut dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil. Biji buah siwalan selanjutnya dihaluskan menggunakan blender. Biji buah siwalan ditimbang 25 g sebanyak 18 kali sesuai dengan semua perlakuan. Biji buah siwalan halus kemudian dimasukkan pada *beaker glass* dan ditambahkan dengan NH_4Cl 4,5 M sesuai volume percobaan yakni 1:2 ; 1:3 ; 1:4, serta diaduk secara merata (25 g : 50 ml; 25 g : 75 ml; dan 25 g : 100 ml). *Beaker glass* tersebut kemudian dimasukkan dalam microwave dengan daya 100 watt pada suhu 55 °C sesuai waktu rancangan penelitian yakni 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Biji buah siwalan halus tersebut kemudian direndam aquades 100 ml selama 4 jam. Setelah itu, biji buah siwalan halus dan filtrat siwalan dipisahkan menggunakan kertas saring. Filtrat siwalan kemudian dilakukan perhitungan rendemen, analisis pH, dan analisis kadar glukosamin untuk menentukan perlakuan terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Glukosamin

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa faktor rasio bahan : pelarut dan waktu ekstraksi memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar glukosamin. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan pada kedua faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar glukosamin yang telah dihasilkan. Gambar 1 menunjukkan kadar glukosamin yang dihasilkan antara 72 ppm sampai 380,33 ppm. Kadar glukosamin terbesar terdapat pada perlakuan rasio 1:2 dan lama ekstraksi 10 menit. Rasio bahan : pelarut sebesar 1:2 telah dapat membentuk senyawa glukosamin secara optimal. Pada rasio tersebut, jumlah ion NH_2 memiliki jumlah yang

sebanding dengan gugus OH- yang akan digantikan pada molekul glukosa. Namun, semakin tinggi volume pelarut yang diberikan maka jumlah mol pelarut semakin besar dan jumlah ion NH_2 semakin banyak. Hal ini memungkinkan terjadinya kondisi jenuh sehingga ion NH_2 yang berikatan dengan glukosa terlepas dan menyebabkan kadar glukosamin yang dihasilkan pada rasio 1:3 dan 1:4 semakin menurun. Waktu ekstraksi menggunakan metode *microwave* 10 menit menghasilkan kadar tertinggi sebesar 380,33 ppm. Hal ini terjadi karena dengan waktu ekstraksi 5 menit belum memberikan kesempatan ion NH_2 bereaksi sempurna dengan glukosa pada biji buah siwalan. Akan tetapi waktu ekstraksi dengan lama 15 menit akan menyebabkan ikatan antara glukosa dan ion NH_2 terlepas sehingga menurunkan kadar glukosamin. Selain itu, waktu pemanasan yang terlalu lama dapat mendegradasi senyawa glukosamin yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Farida dan Nisa (2015) tentang antosianin yang menunjukkan bahwa dengan rasio 1:20 dan waktu ekstraksi dengan metode *microwave* selama 10 menit menghasilkan kadar antosianin limbah kulit manggis sebesar 177,56 ppm kemudian menurun pada rasio 1:30, 1:40 dan waktu ekstraksi 15 menit.

pH Ekstrak Glukosamin

Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu rasio bahan : pelarut dan waktu MAE tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap pH yang dihasilkan. Hal ini diduga jumlah ion H^+ yang ada pada larutan glukosamin jumlahnya sama. Hal ini sesuai dengan penelitian Horn dan Walker (2009) bahwa penambahan konsentrasi pelarut ammonium klorida mempengaruhi pH glukosamin dimana semakin banyak ion amina yang dihasilkan oleh garam ammonium maka nilai pH dari ekstrak glukosamin akan meningkat.

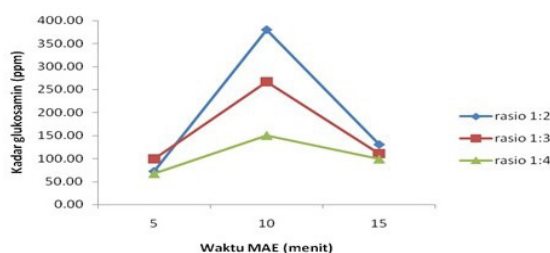
Berdasarkan Gambar 2 diketahui bila nilai rerata pH berkisar antara 4,2 sampai 4,9. Prekursor garam ammonium yang berasal dari asam kuat (ammonium sulfat dan ammonium klorida), cenderung menghasilkan ekstrak glukosamin dengan nilai pH yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Cargill Incorporated (2006) bahwa nilai pH glukosamin standar kisaran 3-5. pH glukosamin bersifat asam karena diduga pada saat reaksi prototropik berlangsung pada

Tabel 1. Penentuan perlakuan terbaik

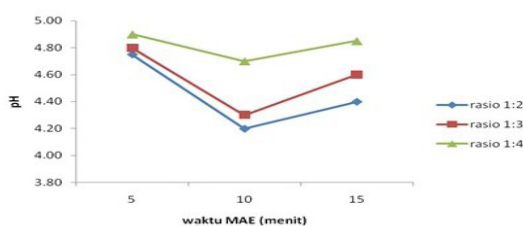
Perbandingan rasio bahan : pelarut	Lama MAE (menit)	Derajat kerapatan			Luas Kerapatan			Keterangan
		Kadar	Rendemen	pH	L1	L2	Lmaks	
1:2	5	0,1893	0,1892	0,8842	0,434	0,083	0,203	
1:3	5	0,2594	0,2593	0,8750	0,444	0,071	0,185	
1:4	5	0,1762	0,1760	0,8571	0,499	0,089	0,206	
1:2	10	1	1	1	0,081	0,006	0,000	Terbaik
1:3	10	0,7020	0,7020	0,9767	0,248	0,020	0,075	
1:4	10	0,3953	0,3952	0,8936	0,445	0,060	0,151	
1:2	15	0,3427	0,3426	0,9545	0,413	0,060	0,164	
1:3	15	0,2901	0,2900	0,9130	0,414	0,065	0,178	
1:4	15	0,2594	0,2593	0,8660	0,477	0,075	0,185	

Tabel 2. Parameter perlakuan terbaik

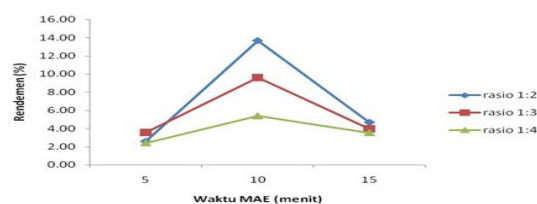
No.	Parameter	Nilai
1	Kadar glukosamin	380,33 ppm
2	pH	4,2
3	Rendemen	13,69%



Gambar 1. Rerata kadar glukosamin biji buah siwalan



Gambar 2. Rerata pH glukosamin biji buah siwalan



Gambar 3. Rerata rendemen glukosamin biji buah siwalan

pembentukan glukosamin, dihasilkan ion H^+ yang berasal dari pemecahan ion ammonium. pH glukosamin dapat dipengaruhi pH bahan baku buah siwalan sebesar 6,7-6,9 (Alamelumangai *et al.*, 2014; Jamkhande *et al.*, 2016; A Surapsari, 2019)

Rendemen Glukosamin

Berdasarkan uji ANOVA menunjukkan bahwa faktor rasio bahan : pelarut dan waktu MAE memberikan pengaruh signifikan terhadap rendemen glukosamin. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan pada kedua faktor memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar glukosamin. Berdasarkan Gambar 3 rerata rendemen glukosamin berkisar antara 2,59% sampai 13,69%. Rendemen tertinggi dihasilkan dari perlakuan rasio 1:2 dan waktu ekstraksi 10 menit. Rasio bahan: pelarut semakin besar menyebabkan penurunan rendemen ekstrak. Hal ini sesuai dengan kadar glukosamin yang dihasilkan, dimana peningkatan konsentrasi menyebabkan kondisi rawan pada saat *pre-treatment* MAE. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah ion H^+ dan Cl^- pada saat *pre-treatment* MAE sehingga mengganggu proses pengikatan ion NH_2 dengan glukosa membentuk glukosamin. Hal tersebut mengakibatkan penurunan rendemen glukosamin yang signifikan.

Peningkatan waktu MAE hingga 10 menit menyebabkan peningkatan rendemen, namun rendemen mengalami penurunan ketika waktu *pre-treatment* MAE dilanjutkan hingga 15 menit. Hal ini terjadi karena dengan waktu ekstraksi 5 menit belum memberikan kesempatan ion NH_2 bereaksi sempurna dengan glukosa pada biji buah siwalan. Akan tetapi waktu ekstraksi dengan lama 15 menit akan menyebabkan ikatan antara glukosa dan ion NH_2 terlepas sehingga menurunkan rendemen glukosamin. Hal ini sesuai dengan penelitian Magdalena dan Kusnadi (2015) bahwa rasio 1:45 menghasilkan rendemen ekstrak kasar daun gambir sebesar 78,18%.

Perlakuan terbaik

Penentuan perlakuan terbaik ini dilakukan menggunakan metode *Multiple Attribute* yakni membangun data rata-rata hasil setiap pengujian. Adapun hasil penentuan terbaik dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 diketahui bila perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan dengan rasio bahan : pelarut (1:2) dan lama waktu

MAE 10 menit, hal ini ditunjukkan dengan nilai L1, L2, dan Lmaks yang memiliki nilai paling minimum dari 9 perlakuan tersebut. Nilai L1, L2, Lmaks berturut-turut yaitu 0,081; 0,006; 0,000. Parameter perlakuan terbaik disajikan pada Tabel 2.

SIMPULAN

Rasio bahan: pelarut dan waktu ekstraksi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar dan rendemen glukosamin, tetapi tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pH glukosamin. Perbandingan rasio dan waktu *pre-treatment* ekstraksi yang sesuai untuk menghasilkan glukosamin dengan kualitas terbaik adalah rasio bahan : pelarut (1:2) dan waktu ekstraksi 10 menit dengan rincian parameter kadar glukosamin 380,33 ppm, pH 4,2 dan rendemen 13,69%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada BPPM Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Brawijaya sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Brawijaya Tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamelumangai, -M., Dhanalakshmi, -J., Mathumitha, -M., Renganayaki, R, -S., Muthukumar, -P., Saraswathy, -N., 2014. In vitro studies on phytochemical evaluation and antimicrobial activity of *Borassus flabellifer* Linn against some human pathogens. *Asian Pasific Journal of Tropical Medicine*. 7(Supplement 1), S182-S185. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60228-5](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60228-5)
- Cargill Incorporated. 2006. Application for the approval of the use REGENASURE® non-shellfish glucosamine hydrochloride from *Aspergillus niger* (RGHAN). Dilihat 20 Januari 2019. <<https://acnfp.food.gov.uk/sites/de->

- fault/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/glucosamineappdossier.pdf>
- Deo, S., Janghel, -A., Raut, -P., Bohle, -D., Verma, -C., Agrawal, -M., Sharma, -M., Tripathi, D, -K., Alexander, -A., Kumar, -S., Amit, -N., Giri, -T., Ajaz, -A., 2015. Emerging microwave assisted extraction (MAE) techniques as an innovative green technologies for the effective extraction of the active phytopharmaceuticals. *Research Journal of Pharmacy and Techology*. 8(5), 655-666. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2015.00104.3>
- Farida, -R., Nisa, F, -C., 2015. Ekstraksi antiosianin limbah kulit manggis metode *microwave assisted extraction* (lama ekstraksi dan rasio bahan : pelarut). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(2), 362-373. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/152>
- Hajar, B, -K., 2016. Pembentukan glukosamin dari biji buah siwalan (*Borassus flabellifer* L.) (kajian jenis dan konsentrasi prekursor). Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- Horn, D, -E., Walker, L, -A., 2009. Introduction to General, Organic, and Biochemistry. *Journal of Chemical Education*.
- Jarti, -N., Trisno, -R., 2017. Sistem pakar diagnosa penyakit alergi pada anak Berbasis *web* dengan metode *forward chaining* di kota Batam. *Jurnal Edik Informatika*. 3(2), 197-205. <http://ejournal.stkip-pgri-sumbar.ac.id/index.php/eDikInformatika/article/download/2245/pdf>
- Jamkhande, P, -G., Suryawanshi, V, -A., Kaylankar, T, -M., Patwekar, S, -L., 2016. Biological activities of leaves of ethnomedicinal plant, *Borassus flabellifer* Linn. (*Palmyra palm*): an antibacterial, antifungal and antioxidant evaluation. *Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University*. 54(1), 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.bfopcu.2016.01.002>
- Keerthi, -A., Jansz, -E., Ekanayake, -S., Premakumara, -G., 2009. The synergistic neurotoxins of palmyrah (*Borassus flabellifer*). *International Journal of Biological and Chemical Science*. 3(2), 255-265. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v3i2.44488>
- Langat, M, -K., Nawrot, D, -A., Mulholland, D, -A., 2011. Chemical constituents of east european forest species. *Pharmaceutical Biology*. 50(5), 588.
- Magdalena, N, -V., Kusnadi, -J., 2015. Antibakteri dari ekstrak kasar daun gambir (*Uncaria Gambir* Var *Cubadak*) metode *microwave assisted extraction* terhadap bakteri patogen. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(1), 124-135. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/117>
- Mandal, -V., Mohan, -Y., Hemalatha, -S., 2007. Microwave assisted extraction – an innovative and promising extraction tool for medical plant research. *Pharmacognosy Reviews*. 1(1), 7-18. <http://www.phcogrev.com/>
- Surapsari, -J., 2019. Manfaat Luar Biasa Buah Lontar, Salah Satunya Baik untuk Pencernaan. Dilihat 20 Januari 2019. <<https://www.viva.co.id/gaya-hidup/kesehatan-intim/1115856-manfaat-luar-biasa-buah-lontar-salah-satunya-baik-untuk-pencernaan>>
- Rahmah, N, -L., Dewi, I, -A., Dewanti, B, S, -D., Perdani, C, -G., Setiawan, D, -T., Ihwah, -A., Rohmah, W, -G., 2016. Studi optimasi reaksi pada ekstraksi crude glukosamin dari biji buah siwalan (*Borassus Flabellifer* L.). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 1(17): 1-12. <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/553>
- Karmawati, -E., Memasso, -E., Ardana, -J., Ketut, -L., 2014. Tanaman Perkebunan Penghasil BBN. Diakses Tanggal 20 Oktober 2019. <<http://lppm.ipb.ac.id/tanaman-perkebunan-penghasil-bbn/>>
- Winata, E, -W., Yunianta. 2015. Ekstraksi antiosianin buah murbei (*Morus alba* L.) metode *ultrasonic bath* (kajian waktu dan rasio bahan : pelarut). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(2), 773-783. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/199>