



## Penggunaan Ekstrak Umbi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Sebagai Indikator Asam-Basa Alami

Hendriana Rosina Bria<sup>1</sup>, Maria Aloisia Uron Leba<sup>2,\*</sup>, Aloisius Masan Kopon<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Pendidikan Kimia, FKIP-Universitas Katolik Widya Mandira

Jalan Sanjuan- Penfui Timur- Kupang

\*e-mail korespondensi: [mariaaloisiauronleba@gmail.com](mailto:mariaaloisiauronleba@gmail.com)

### Info Artikel:

Dikirim:

15 September 2021

Revisi:

25 September 2021

Diterima:

20 Oktober 2021

### Kata Kunci:

Antosianin, ubi jalar ungu, indikator alam, asam-basa

### Keywords:

Anthocyanin, purple sweet potato, natural indicator, acid-base

**Abstrak-** Umbi ubi jalar ungu merupakan salah satu sumber pigmen ungu. Kandungan senyawa utama dalam umbi ubi jalar ungu adalah antosianin. Antosianin merupakan senyawa yang dapat menunjukkan perubahan warna berdasarkan pH lingkungannya. Sampel dari penelitian ini adalah umbi ubi jalar ungu yang berasal dari pulau Timor - Kupang. Ada dua variasi perlakuan sampel yang digunakan yaitu sampel basa (tanpa pengeringan) dan sampel kering (pengeringan dengan oven). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji 1). efektivitas ekstrak sampel basa (ESB) pada larutan uji pH 1-14, 2). efektivitas ekstrak sampel kering (ESK) pada larutan uji pH 1-14 3). efektivitas ESB dan ESK dalam mengidentifikasi sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1). ESB pada pH 1-2 berwarna merah pekat, pH 3-6 berwarna merah pudar, pH 7 berwarna ungu pudar, pH 8-11 berwarna hijau, pH 12-14 berwarna kuning. 2). ESK pada pH 1 berwarna merah pekat, pH 2-7 berwarna merah pudar, pH 8-11 berwarna hijau, pH 12-14 berwarna kuning. 3). ESB dan ESK memberikan perubahan warna yang jelas dalam mengidentifikasi sifat asam dan basa dari berbagai sampel.

**Abstract** -Purple sweet potato tubers is a source of purple pigment. The main of compound content in purple sweet potato tubers is anthocyanins. Anthocyanins are compounds that can showing the color changes based on the environment pH. The samples of this research was purple sweet potato tubers from Timor Island-Kupang. There are two variations treatment of the samples are wet samples (without drying) and dry samples (oven drying). The aim of this research are to examina 1). effectiveness of wet sample extract (WSE) in test solution pH 1-14, 2). effectiveness of dry sample extract (DSE in test solution pH 1-14, 3).effectiveness of WSE and DSE in identifying samples. The results of this research showed that 1). WSE at pH 1-2 is dark red, pH 3-6 is pale red, pH 7 is pale purple, pH 8-11 is green, pH 12-14 is yellow, 2). DSE at pH 1 is dark red, pH 2-7 is pale red, pH 8-11 is green, pH 12-14 is yellow, 3).WSE and DSE provide a clear color change in indentifying the acidic and basic properties of various samples.

## PENDAHULUAN

Asam basa merupakan salah satu topik pembelajaran yang menarik dalam ilmu kimia. Untuk mengetahui sifat asam atau basa suatu larutan, diperlukan suatu indikator. Indikator merupakan suatu zat yang dapat memberikan perubahan warna ketika ditambahkan pada suatu larutan asam atau larutan basa. Umumnya indikator yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat asam dan basa antara lain lakmus, fenolftalein, metil jingga dan metil merah [1, 2]. Indikator-indikator ini merupakan indikator sintesis yang tidak ramah lingkungan dan sangat mahal [3-5]. Di Nusa Tenggara Timur (NTT) secara khusus di Kabupaten Malaka dan sekitarnya, tidak semua sekolah menyediakan indikator-indikator ini untuk digunakan dalam praktikum pada materi asam basa. Hasil wawancara (12/2020) dengan beberapa guru kimia di beberapa SMA Kabupaten Malaka diperoleh informasi bahwa dalam pembelajaran pada materi asam basa terdapat sekolah yang tidak melakukan praktikum karena kertas lakmus yang ada di sekolah sudah rusak dan belum ada pengadaan lagi. Ada juga sekolah yang memang tidak memiliki indikator sintesis seperti yang sudah disebutkan diatas. Namun di sekolah ini guru biasanya menggunakan indikator alami untuk praktikum. Jenis-jenis tumbuhan yang digunakan diantaranya bunga

bougenville (*Bougainvillea buttiana*), kunyit (*Curcuma longa*) dan bunga kembang sepatu (*Hibiscus rosa sinensis* L.). Saat melakukan kegiatan praktikum guru menyiapkan ekstrak tumbuhan dengan cara menghancurkan semua jenis tumbuhan yang dipakai kemudian diambil ekstraknya. Pelarut yang digunakan untuk mengekstraksi pigmen warna dari tumbuhan tersebut adalah air.

Indikator alam merupakan pigmen warna yang berasal dari bagian tumbuhan seperti daun, bunga, buah, kulit batang dan kulit akar yang berwarna mencolok. Bagian tumbuhan mengandung pigmen warna antara lain antosianin, flavonoid, tanin, saponin dan alkaloid. Antosianin merupakan salah satu jenis polifenol golongan flavonoid yang dapat memberikan warna merah, ungu dan biru pada tumbuhan [6]. Senyawa tersebut sensitif terhadap pH karena dapat menunjukkan perubahan warna pada pH asam maupun basa [3]. Ada berbagai jenis tumbuhan lain yang dapat digunakan sebagai indikator alam yakni Kulit bawang merah, *Allium ascalonicum* L. [4], daun jati, *Tectona grandis* [7], kembang sepatu [8] dan ubi ungu (*Ipomea batatas* L.) [5]. Penggunaan pigmen warna tumbuhan sebagai indikator asam basa belum dimanfaatkan secara maksimal oleh guru-guru di NTT. Pigmen warna alam tersebut merupakan salah satu alternatif indikator yang ramah lingkungan dan murah.

Ubi ungu mengandung pigmen warna ungu alami yakni senyawa antosianin jenis sianidin dan peonidin yang terasilasi [6, 9]. Kandungan antosianin dalam ubi ungu ini dapat dimanfaatkan sebagai indikator alam. Ekstrak umbi ubi jalar ungu dapat dimanfaatkan sebagai indikator asam basa alternatif karena dapat menunjukkan perubahan warna merah pada pH asam dan pada pH yang lebih tinggi akan berubah dari pink menjadi ungu, biru, hijau dan kuning [10].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji efektivitas penggunaan ekstrak sampel basa (ESB) dan ekstrak sampel kering (ESK) dari umbi ubi jalar ungu dengan menggunakan pelarut etanol 95% sebagai pelarut pengekstraksi.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini digunakan alat gelas standar untuk membuat larutan, neraca, oven, pH meter dan indikator universal. Bahan yang digunakan umbi ubi jalar ungu, etanol 95% grade teknis, HCl, NaOH, aquades, larutan cuka, ekstrak jeruk nipis, sprite, air kapur, larutan soda kue, larutan sampo, larutan detergen.

### Prosedur Kerja

#### 1. Preparasi dan ekstraksi sampel

Sampel umbi ubi jalar ungu yang digunakan dibeli dari pasar lokal di Kota Kupang. Dalam penelitian ini digunakan dua perlakuan sampel yaitu sampel basa (tanpa pengeringan) dan sampel kering (pengeringan dengan oven). Umbi ubi jalar ungu dibersihkan dari kulitnya dan dicuci. Untuk sampel basa umbi ubi jalar ungu diparut dan langsung digunakan. Sedangkan untuk sampel kering, umbi ubi jalar ungu diiris tipis dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga kering yakni selama 23 jam dan dihaluskan dengan cara diblender. Sampel basa maupun sampel kering sebanyak 400 g dimaserasi dengan 500 mL etanol 95 % selama 24 jam. Ekstrak dipisahkan dari campurannya dengan cara disaring menggunakan kertas saring. Ekstrak sampel basa (ESB) dan ekstrak sampel kering (ESK) yang diperoleh disimpan untuk pengujian pada tahap selanjutnya.

#### 2. Pembuatan larutan uji pH 1-14

Larutan uji pH 1-6 dibuat dari larutan stok HCl 1 M sedangkan larutan pH 8-14 dibuat dari larutan stok NaOH 1 M. larutan pH 1 dibuat dengan mengambil 10 mL larutan HCl 1 M kemudian diencerkan dalam labu volumetric 100 dan diukur pH-nya. Bila pH-nya belum tepat maka diatur dengan menambahkan HCl atau aquades hingga diperoleh pH yang tepat. Larutan pH 2 dibuat dengan mengencerkan larutan pH 1 dengan prosedur yang sama seperti pada pembuatan larutan

pH 1. Demikian juga untuk larutan pH 3-6. Larutan pH 13 dibuat dengan mengambil 10 mL larutan NaOH 1 M kemudian diencerkan dalam labu volumetri 100 mL dan diukur pH-nya. Bila pH belum tepat maka diatur dengan menambahkan NaOH atau aquades hingga diperoleh pH yang tepat. Larutan pH 12 dibuat dengan mengencerkan larutan pH 13 dengan prosedur yang sama seperti pada larutan pH 13. Demikian juga untuk pembuatan larutan 8-11. Larutan pH 7 digunakan aquades.

### 3. Pembuatan larutan sampel asam basa

Sampel asam basa diperoleh dari bahan-bahan yang digunakan sehari-hari. sampel yang berwujud cair langsung digunakan sedangkan sampel yang berwujud padat terlebih dahulu dilarutkan dengan air. Ekstrak jeruk nipis diperoleh dari perasan jeruk nipis, cuka diambil dari cuka dapur yang beredar di pasaran, sprite diambil dari minuman sprite yang beredar di pasaran, larutan sampo dibuat dengan melarutkan 1 sendok kecil sampo dalam 15 mL air, larutan soda kue dibuat dengan melarutkan 1 sendok kecil soda kue dalam 15 mL air, larutan detergen dibuat dengan melarutkan 1 sendok kecil detergen dalam 15 mL air dan air kapur dibuat dengan melarutkan 1 sendok kecil kapur siri dalam 15 mL air.

### 4. Uji efektivitas ESB dan ESK pada larutan uji

Larutan uji pH 1-14 masing-masing sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam 14 buah tabung reaksi dan ditetesi masing-masing dengan 3 tetes ESB. Prosedur yang sama dilakukan untuk ESK.

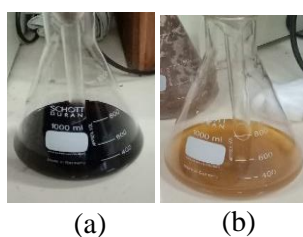
### 5. Uji efektivitas ESB dan ESP pada sampel

Larutan sampel ekstrak jeruk nipis, cuka, sprite, sampo, larutan soda kue, larutan detergen dan air kapur masing-masing 10 ml disiapkan dalam 7 buah gelas kimia kecil dan ditambahkan 1 mL ESB. Prosedur yang sama dilakukan untuk ESK.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil ekstraksi sampel

Hasil maserasi diperoleh ekstrak berwarna ungu untuk ESB dan ekstrak berwarna kuning, untuk ESK. ESB dan ESK ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ekstrak Hasil Maserasi  
(a) ESB, (b) ESK

Antosianin merupakan senyawa yang bersifat polar sehingga untuk mengekstraksinya digunakan pelarut yang bersifat polar [5]. Antosianin larut dalam air [9] dan pelarut polar seperti etanol, asam sitrat dan etil asetat [11]. Berdasarkan sifat antosianin tersebut maka dalam penelitian ini digunakan etanol sebagai pelarut untuk mengekstraksi antosianin dari sampel ubi jalar ungu. Sampel ubi jalar ungu terlebih dahulu harus dihaluskan sebelum dimaserasi dengan tujuan untuk memperluas permukaan bidang sentuh sampel terhadap pelarut. Luas permukaan sampel merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi analit dari permukaan sampel ke dalam pelarut [12]. Semakin besar luas permukaan bidang sentuh sampel (atau semakin kecil ukuran sampel) maka proses difusi analit dari sampel ke dalam pelarut semakin cepat [13]. Pada proses ini terjadi pemecahan dinding sel dan membran sel oleh etanol menyebabkan

kelompok senyawa polar dalam sampel ubi jalar ungu terekstrak ke dalam etanol [14]. Ekstrak yang diperoleh dari sampel ubi jalar ungu basa berwarna ungu sedangkan ekstrak yang diperoleh dari sampel ubi jalar ungu kering berwarna kuning. ESK berwarna kuning karena terjadi degradasi antosianin selama proses pemanasan membentuk kalkon. Lamanya proses pemanasan akan mempengaruhi struktur dan stabilitas dari antosianin [15,16]. Walaupun suhu oven sudah diatur dibawah titik didih ekstrak, namun proses pengeringan yang dilakukan terlalu lama yaitu 23 jam yang menyebabkan terjadinya degradasi antosianin dalam sampel. Menurut Markakis *et al.*, (1987) dan Adams (1973) pembentukan kalkon merupakan tahap pertama dari degradasi termal antosianin [17].

### Uji Efektifitas Ekstrak pada larutan Uji

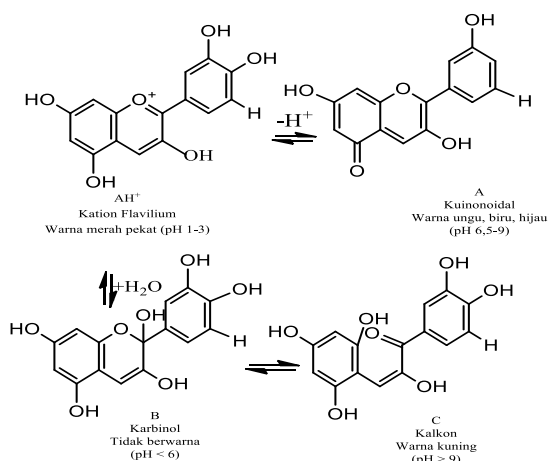
ESB dan ESK diuji efektifitas pada larutan Uji pH 1-14 dapat dilihat Gambar 2. ESB dan ESK diuji efektifitas pada larutan Uji pH 1-14 dapat dilihat Gambar 2.



Keterangan: pH larutan 1-14 secara berurutan dari kiri ke kanan

Gambar 2. Hasil uji ekstrak pada larutan uji pH 1-14 (a) ESB (b) ESK

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ekstrak mengalami perubahan warna merah pekat pada suasana asam kuat dan merah pudar pada suasana asam lemah, hingga netral, hijau pada basa lemah dan berwarna kuning pada basa kuat. Kemampuan ekstrak umbi ubi jalar ungu untuk berubah warna pada asam, basa dan netral disebabkan oleh kehadiran antosianin (Afandy dkk., 2017:82). Terjadinya perubahan warna pada rentang pH yang berbeda disebabkan oleh perubahan struktur antosianin. Adapun perubahan struktur antosianin pada pH yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan Struktur antosianin pada kondisi pH yang berbeda [17]

Pada struktur diatas terlihat ada empat bentuk kesetimbangan antosianin yaitu kation flavilium, basa quionoidal, karbinol (*pseudobasa*) dan kalkon [17, 18]. Berdasarkan hasil uji ESB dalam larutan uji pH 1-14 diperoleh pada pH 1-2 terjadi perubahan warna ekstrak dari ungu menjadi merah pekat, ESK pada pH 1 mengalami perubahan warna dari kuning menjadi merah pekat. Warna merah pekat yang dihasilkan ini menunjukkan bahwa dalam larutan tersebut terdapat kation flavilium yang merupakan bentuk yang paling stabil [17]. Hasil uji ESB pada pH

3-7 menunjukkan terjadinya perubahan warna dari ungu menjadi merah pudar, sedangkan ESK pada pH 2-7 mengalami perubahan warna dari kuning menjadi merah pudar. Warna yang teramati dari hasil uji ESK lebih pudar dibandingkan dengan hasil uji pada ESB. Pada rentangan pH ini, sebagian kation flavilium berubah menjadi karbinol yang tidak berwarna sehingga akan muncul warna merah pudar [9]. Hasil uji ekstrak pada pH 7 memberikan warna ungu pudar yang jelas diamati pada ESB sedangkan pada ESK warna yang dihasilkan sangat pudar sehingga kurang jelas teramati. Hasil uji pada pH 8-11 untuk ESB menunjukkan terjadinya perubahan warna yang jelas dari ungu menjadi hijau. Pada ESK juga menunjukkan perubahan yang sama yaitu dari warna kuning menjadi hijau, namun warna hijau yang dihasilkan lebih pudar. Pada rentang pH ini antosianin berada dalam bentuk kuinonoidal yang berwarna hijau [5,9]. Hasil uji ESB pada pH 12-14 menunjukkan terjadinya perubahan warna dari ungu menjadi kuning sedangkan ESK tidak mengalami perubahan yakni tetap berwarna kuning. Pada rentang pH ini, antosianin berada dalam bentuk kalkon yang berwarna kuning [9].

Berdasarkan penelitian ini ESB yang berwarna ungu maupun ESK yang berwarna kuning memberikan hasil yang tidak jauh berbeda. Hasil uji dari ESB memberikan perubahan warna yang lebih jelas dibandingkan dengan hasil uji ESK. Namun keduanya memberikan efek perubahan warna yang sama dalam larutan uji pH 1-14. Hal ini disebabkan karena antosianin mengalami perubahan struktur yang dipengaruhi oleh pH.

#### Uji Efektifitas Ekstrak pada Sampel

ESB dan ESK digunakan untuk menguji beberapa sampel yakni ekstrak jeruk nipis, cuka, sprite, larutan sampo, larutan soda kue, larutan detergen dan air kapur. Hasil uji menunjukkan bahwa ESB dan ESK berwarna merah pada sampel ekstrak jeruk nipis, cuka, sprite dan larutan sampo. Pada larutan soda kue dan larutan detergen berwarna hijau sedangkan pada air kapur berwarna kuning. Hasil uji ESB dan ESK pada larutan sampel ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Hasil Uji ESB dan ESK pada berbagai Sampel

Sampel	pH Sampel	Warna ekstrak umbi ubi jalar ungu	
		ESB	ESK
Ekstrak jeruk nipis	2,4	Merah pekat	Merah pudar
Cuka	2,7	Merah pekat	Merah pudar
Sprite	3,6	Merah pekat	Merah pudar
Larutan sampo	4,2	Merah pudar	Merah pudar
larutan soda kue	8,4	Hijau pekat	Hijau pekat
Larutan detergen	10,7	Hijau pekat	Hijau pekat
Air kapur	12,3	Kuning	Kuning



(a)



(b)

Keterangan: ekstrak jeruk nipis, cuka, sprite, larutan sampo, larutan soda kue, larutan detergen, air kapur secara berurutan dari kiri ke kanan.

Gambar 4. Hasil uji ekstrak pada larutan sampel (a) ESB dan (b) ESK

Hasil uji pada Gambar 4 menunjukkan bahwa ESB dan ESK dari umbi ubi jalar ungu dapat digunakan sebagai indikator asam basa karena memberikan perubahan warna yang jelas pada berbagai sampel asam dan basa.

## KESIMPULAN

Ekstrak umbi ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) baik ESB maupun ESK efektif untuk mengidentifikasi sifat asam, basa dan netral pada larutan pH uji maupun pada berbagai sampel. ESB menunjukkan perubahan warna dari ungu menjadi merah pekat pada pH 1-2, merah pudar pada pH 3-6, ungu pudar pada pH 7, hijau pada pH 8-11 dan kuning pada pH 12-14. ESK menunjukkan perubahan warna dari kuning menjadi merah pekat pada pH 1, merah pudar pada pH 2-7, hijau pada pH 8-11 dan kuning pada pH 12-14.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Dosen pembimbing yang telah membimbing dan meluangkan waktu sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lestari, Puji. "Kertas Indikator bunga belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L) untuk uji larutan asam basa". *Jurnal Pendidikan Madrasah*. 2016;1(1):69-84
- [2] Maulika, F., Kurniawan, R. A., Kurniasih, D. Pengembangan Media Pembelajaran Indikator Asam Basa alami berbasis bioselulosa. *Jurnal Ilmiah*. 2019;7(1):56-64).
- [3] Nuryanti, S., Matsjeh, S., Anwar, C., Raharjo, T. J. Indikator Titrasi asam-basa dari ekstrak bunga sepatu (*Hibiscus rosa sinensis* L). *Agritech*. 2010;30(3):178-183.
- [4] Virliantari, D. A., Maharani, A., Lestari, U., Ismiyati. "Pembuatan Indikator Alami Asam-Basa Dari Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L)., *Prosiding Semnastek*, 2018. p- ISSN : 2407 – 1846 e-ISSN : 2460 – 8416.
- [5] Afandy, M. A., Nuryanti, S., Diah, A. W. M. Ekstraksi Ubi Jalar Ungu (*ipomoea batatas* L.) menggunakan variasi pelarut serta pemanfaatannya sebagai indikator asam-basa. *Jurnal Akademika Kimia*. 2017; 6(2):79-85.
- [6] Samber, L. N., Semangun, H., Prasetyo, B. Ubi Jalar Ungu Papua Sebagai Sumber Antioksidan. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*. 2013;10(3) : 72-77.
- [7] Fathinatullabibah., Khasanah, L. U., Kawiji, K. Stabilitas Antosianin Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Perlakuan pH dan Suhu. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 2014;3(2) : 60-63.
- [8] Hawa T, Nur Elisa dan Mulyani, Sri. Efektivitas Penggunaan Kembang Sepatu sebagai Indikator Alam untuk Identifikasi Senyawa asam basa. *Walisongo Jurnal of Chemistry*. 2020;4(1): 1-7.
- [9] Mahmudatussa'adah, A., Fardiaz, D., Andarwulan, N., Kusnandar, F. Ekstraksi dan preparasi zat warna alami sebagai Indikator titrasi asam basa. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 2014;25(2). 176-184.
- [10] Pham, Tri Nhut., Toan, Tran Quoc., Lam, Tri Duc., Vu-Quang, Hieu., Vo, Dai-Viet N., Vy, Tran Anh., Bui, Le Minh. "Anthocianin Extraction From Purple Sweet Potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam): The effect of pH Velue on Natural Color". *IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering*, 542 (2019) 012031.

- [11] Pratiwi, S.W. and Priyani, A.A. Pengaruh Pelarut dalam Berbagai pH pada Penentuan Kadar Total Antosianin dari Ubi Jalar Ungu dengan Metode pH Diferensial Spektrofotometri. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. 2019;4(1):89-96.
- [12] Leba, Maria Aloisia Uron. "Buku Ajar: Ekstraksi dan Real Kromatografi. Deepublish. 2017.
- [13] Mahanani, S. "Pemanfaatan Kulit Ubi Ungu sebagai Indikator Asam-Basa Alternatif alami dengan Variasi Suhu Pengeringan dan Jenis Pelarut". Skripsi, Universitas Muhamadiyah Surakarta: Surakarta. 2017.
- [14] Koirewoa, Y.A., Fatimawali, F. and Wiyono, W. Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid dalam daun beluntas (*Pluchea indica* L.). *Pharmacon*. 2012; 1(1).
- [15] Putri, O.N.E. "Analisis Kandungan Klorofil dan Senyawa Antosianin Daun Pucuk Merah (*Syzygium oleana*) Berdasarkan Tingkat Perkembangan Daun yang berbeda. Disertasi". UIN Raden Intan Lampung. 2019
- [16] Winarti, S., Sarofa, U., Anggrahini, D. Ekstraksi dan Stabilitas Warna Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Sebagai Pewarna Alami. *Jurnal Teknik Kimia*. 2008;3(1) : 207-214
- [17] Rein, Maarit. 'Copolymerization reactions and color stability of berry anthocyanins'. Universitas of Helsinki: Helsinki. 2005.
- [18] Reyes, L. F dan Cisneos-Zevallos, L. Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry*. 2007;100(3): 885-894