



**PROFIL SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DAN DETEKSI ANTOSIANIN
PADA BUAH STROBERI (*Fragaria x ananassa*) MENGGUNAKAN
KROMATOGRAFI LAPIS TIPIS DAN SPEKTROFOTOMETRI INFRAMERAH**

SKRIPSI

Oleh
MUHAMMAD WILDAN HAIKAL
21801061073



PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2024



**PROFIL SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DAN DETEKSI ANTOSIANIN PADA
BUAH STROBERI (*Fragaria x ananassa*) MENGGUNAKAN KROMATOGRAFI LAPIS
TIPIS DAN SPEKTROFOTOMETRI INFRAMERAH**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana (S1) Jurusan Biologi Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang

Oleh
MUHAMMAD WILDAN HAIKAL
21801061073



PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2024

ABSTRAK

Muhammad Wildan Haikal (21801061073) **Profil Senyawa Metabolit Sekunder dan Deteksi Antosianin pada Buah Stroberi (*Fragaria x ananassa*) Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis dan Spektrofotometri Inframerah**

Pembimbing (I) : Ir. Hj. Tintrim Rahayu, M.Si.

Pembimbing (II) : Dr. Gatra Ervi Jayanti, M.Si.

Tanaman stroberi merupakan tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia. Tanaman stroberi memiliki banyak manfaat terutama bagian buahnya. Buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) adalah sumber senyawa bioaktif, kaya akan asam askorbat, antosianin dan senyawa fenol, dan memiliki kadar antioksidan yang cukup tinggi. Buah stroberi memiliki senyawa yang memberi pigmen dan mempunyai aktivitas antioksidan yaitu antosianin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil senyawa metabolit sekunder pada ekstrak buah stroberi dan mendeteksi senyawa antosianin pada ekstrak buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dengan fase gerak butanol-asam asetat-aquadest (4:1:1) dan FTIR. Hasil uji skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak stroberi mengandung senyawa metabolit sekunder alkaloid, flavonoid, tanin dan saponin. Hasil KLT ditunjukkan dengan Nilai Rf pada ekstrak buah stroberi adalah 0,38. Hasil analisis spektrofotometri inframerah terdapat gugus fungsi O–H, C=O, C=C dan =C–O–C yang memperkuat hasil KLT bahwa ekstrak stroberi mengandung antosianin.

Kata kunci : Stroberi, Antosianin, Metabolit Sekunder, KLT, FTIR

ABSTRACT

Muhammad Wildan Haikal (21801061073) **Profile of Secondary Metabolite Compounds and Anthocyanin Detection in Strawberries (*Fragaria x ananassa*) Using Thin-Layer Chromatography and Infrared Spectrophotometry**

Supervisor (I) : Ir. Hj. Tintrim Rahayu, M.Si.

Supervisor (II): Dr. Gatra Ervi Jayanti, M.Si.

Strawberry plants are plants that grow a lot in Indonesia. Strawberry plants have many benefits, especially the fruit part. Strawberries (*Fragaria x ananassa*) are a source of bioactive compounds, rich in ascorbic acid, anthocyanins and phenol compounds, and have high levels of antioxidants. Strawberries have compounds that provide pigment and have antioxidant activity, namely anthocyanins. This study aims to determine the profile of secondary metabolite compounds in strawberry fruit extract and detect anthocyanin compounds in strawberry fruit extract (*Fragaria x ananassa*) using Thin Layer Chromatography (KLT) with butanol-acetic acid-aquadest (4: 1: 1) and FTIR mobile phases. The results of phytochemical screening tests showed that strawberry extract contained secondary metabolite compounds of alkaloids, flavonoids, tannins and saponins. The result of KLT is shown by the Rf value in strawberry fruit extract is 0.38. The results of infrared spectrophotometry analysis obtained the presence of functional groups O–H, C=O, C=C and =C–O–C which strengthens the KLT results that strawberry extract contains anthocyanins.

Keywords : Strawberry, Anthocyanin, Secondary Metabolite, TLC, FTIR

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenali menjadi negara beranekaragaman hayati yang tinggi karena keindahan alamnya yang menakjubkan dan jenis hutan yang berbeda (Tuheteru dan Mahfudz, 2012). Indonesia menjadi negara beranekaragaman hayati paling besar kesembilan di dunia, di bawah Afrika Selatan, Amerika Serikat, Australia, Brasil, Cina, Ekuador, Filipina, dan India (Sutarno, 2015). Indonesia adalah habitat bagi 7500 spesies tanaman obat, yang menjadi 10% dari total spesies tanaman obat di dunia. Sebaliknya, Jadda (2019) melaporkan bahwa hanya 940 spesies tanaman yang telah diketahui, yang melebihi 6000 spesies bunga telah digunakan untuk pangan, sandang, dan obat-obatan.

Iklim Indonesia sangat cocok untuk budidaya stroberi. Tanaman stroberi memiliki banyak manfaat, sebagian besar di bagian buahnya. Sona dkk., (2015) menemukan bahwa buah stroberi adalah sumber vitamin C dan mengandung antosianin dan senyawa fenol, yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, berkisar 2 hingga 11 kali lebih tinggi daripada buah apel, peach, pir, anggur, tomat, ataupun jeruk. Selain itu, buah stroberi mengandung fitokimia dan senyawa fenolik (antioksidan) yang beragam. Pada industri makanan, antosianin adalah pewarna makanan yang aman dan efektif.

Ekstraksi membuat senyawa metabolit sekunder buah stroberi terpisah dari senyawa satu dengan yang lainnya. Ekstraksi digunakan untuk memisahkan zat aktif yang diinginkan dari yang tidak digunakan (Rachmawari, 2014). Pada penelitian ini, ekstraksi maserasi digunakan. Sampel direndam dalam pelarut yang sesuai dengan komponen yang diperlukan untuk memulai prosedur maserasi. Proses ini diulang sampai kandungan senyawa habis.

Menurut Kristanti dkk. (2008) senyawa kimia yang dipisahkan merupakan senyawa metabolit sekunder. Skrining fitokimia dipergunakan dalam mendeteksi berbagai jenis bahan kimia metabolit sekunder yang ditemukan dalam tanaman. Pendekatan fitofarmakologi dan pendekatan skrining fitofarmaka merupakan dua metode fitokimia yang digunakan untuk mencari dan menemukan senyawa bioaktif (Abraham, 2007).

Analisis Kromatografi Lapis Tipis (KLT) yaitu teknik kromatografi cair yang dipergunakan dalam menganalisis zat kimia senyawa organik dalam jumlah kecil. KLT

mempunyai dua fase: fase diam dan fase gerak ataupun eluen. Fase gerak atau eluen meliputi pelarut yang bisa bercampur, yang meningkatkan daya elusi dan resolusi (Rohman, 2017). Menurut Rustanti dkk. (2018) menentukan jumlah komponen senyawa metabolit sekunder adalah salah satu cara menggunakan kromatografi lapis tipis untuk melihat sejumlah kecil senyawa organik.

Analisis lain menggunakan metode Spektrum inframerah yang diperoleh dari sampel padat, cair, dan gas dapat diperoleh melalui *teknik Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Menurut Rohman (2017), FTIR dapat digunakan untuk menjabarkan bahan organik dan anorganik. Berdasarkan latar belakang, maka diperlukan pengujian lebih lanjut guna memberikan informasi lebih dalam terkait senyawa metabolit sekunder dan senyawa antosianin pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasar latar belakang yang dipaparkan, masalah yang diambil berikut ini :

1. Apa saja profil senyawa metabolit sekunder pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) melalui uji fitokimia ?
2. Bagaimana identifikasi senyawa antosianin pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) melalui Kromatografi Lapis Tipis ?
3. Bagaimana identifikasi senyawa antosianin pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) dengan Spektrofotometri Inframerah ?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui profil senyawa metabolit sekunder pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) melalui uji skrining fitokimia
- b. Menganalisis senyawa antosianin pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) dengan Kromatografi Lapis Tipis
- c. Menganalisis senyawa antosianin pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) dengan Spektrofotometri Inframerah

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti

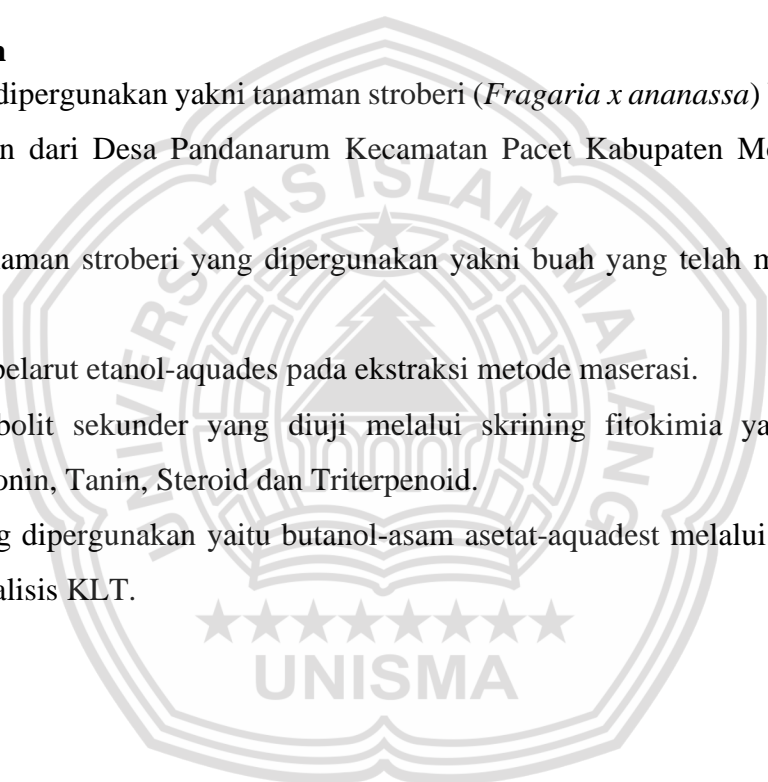
1. Penelitian menghasilkan sesuatu yang bisa menambah wawasan bagi peneliti mengenai senyawa metabolit sekunder pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) melalui skrining fitokimia
2. Dijadikan referensi untuk peneliti selanjutnya yang berkeinginan melaksanakan penelitian mengenai antosianin melalui metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Spektrofotometri Inframerah.

1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat

Harapan penelitian bisa memberi informasi ilmiah pada masyarakat mengenai manfaat antosianin pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*)

1.5 Batasan Penelitian

1. Tanaman yang dipergunakan yakni tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa*) Var. Lembang yang didapatkan dari Desa Pandanarum Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto Jawa Timur
2. Bagian dari tanaman stroberi yang dipergunakan yakni buah yang telah matang dengan warna merah.
3. Menggunakan pelarut etanol-aquades pada ekstraksi metode maserasi.
4. Senyawa metabolit sekunder yang diuji melalui skrining fitokimia yakni Alkaloid, Flavonoid, Saponin, Tanin, Steroid dan Triterpenoid.
5. Fase gerak yang dipergunakan yaitu butanol-asam asetat-aquadest melalui perbandingan (4:1:1) pada analisis KLT.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pemisahan dengan uji skrining fitokimia pada ekstrak buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) terdapat senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin. Skrining fitokimia membuktikan bahwa ekstrak stroberi mengandung antosianin yang termasuk golongan flavonoid.
2. Hasil analisis menggunakan KLT, ekstrak buah stroberi yang di dalamnya terkandung antosianin dengan nilai Rf 0,38 dibuktikan dengan memiliki nilai Rf sama dengan standar antosianin.
3. Hasil analisis menggunakan FTIR didapat adanya gugus fungsi O–H, C=O, C=C dan =C–O–C yang memperkuat hasil skrining fitokimia dan KLT bahwa ekstrak stroberi mengandung antosianin.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menguji menggunakan metode lain, seperti Kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) sehingga dapat menambah informasi tentang kadar didalam antosianin tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, D.G.S., P.D.N. Lotulung, A. Sulaswaty, N. Qaanitaati, D.G.T Andini, R. Mulyani, E. Nursyifa. 2019. Revelation of New Compound from Ethanolic Extract of *Fragaria x ananassa* var. Lembang. *Indones. J. Cancer Chemoprevent.*, 10(3), 159-168.
- Andriya, N. 2016. Analisis Struktur Anatomi dn Histokimia Tiga Varietas Kumis kucing (*Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq) (Skripsi). Institut Pertanian Bogor.Bogor.
- Anisa, K., T. Rahayu., A. Hayati. 2018. Profil Metabolit Sekunder Daun Tin (*Ficus carica*) melalui Analisis Histokimia dan Deteksi Flavonoid dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT). *Jurnal Ilmiah Sains Alami (Known Nature)*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Islam Malang. Malang.
- Apriyati, N.T. N. Bialangi., N. Suleman. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Alkaloid dari Daun Alpukat (*Persea Americana* Mill). Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Gorontalo. Gorontalo.
- Astawan, M. dan Kasih, A.L. 2008. *Khasiat Warna-Warni Makanan.*: Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Baud G.S., M. Sangi dan H.S.J. Koleangan. 2014. Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dan Uji Toksisitas Ekstrak Etanol Batang Tanaman Patah Tulang (*Euphorbia tirucalli* L.) dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT), *Jurnal Ilmiah Sains*, 14 (2), 106–112.
- Darwis, V., 2007, *Budidaya, Analisis Usahatani, dan Kemitraan Stroberi*. Tabanan, Bali, Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Jakarta.Jakarta
- Ebry, R. 2015. Penentuan Jenis Tanin Dan Penetapan Kadar Tanin Dari Kulit Buah Pisang Masak (*Musa Paradisiaca* L.) Secara Spektrofotometri Dan Permanganometri. *Jurnal Ilmiah*, 4(1), 1–16.
- Geilfi, S. 2015. Analisa Antosianin pada Buah Stroberi menggunakan Spektrofotometer Sinar Tampak (*Analysis of Anthocyanin on Strawberry Using Spectrophotometer Visible*). Undergraduate thesis, Undip.
- Handayani, S. 2016. Analisa histokimia dan kimia terhadap hipokotil *Bruguera gymnorhiza* (L) Lamk selama fase matang (mature), *Jurnal Rekapangan*, 11(2): 72- 80.
- Harborne, J., 1996. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Cetakan kedua. Penerjemah: Padmawinata, K. dan I. Soediro. Penerbit ITB. Bandung

- Hoffman, D. 2003. *Medical Herbalism The Science And Practice Of Herbal Medicine. 2nd edition.* Healing Arts Press Rochester, Vermont. India
- Hurst, W.J. 2002 *Functional Foods & Nutraceuticals Series (Book 4).* CRC Press. New York
- Illing, I., W. Safitri, dan Erfiana. 2017. Uji Fitokimia Ekstrak Buah Dengen, *Jurnal Dinamika*, 8(1), pp. 66–84.
- Jati, N.K. 2016. Isolasi, Identifikasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Alkaloid dari Daun Pepaya (*Carica Papaya L.*). Under Graduates thesis, Universitas Negeri Semarang.
- Kopon AM., AB Baunsele, dan EG. Boelan. 2020. Skrining Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak Metanol Biji Alpukat (*Persea americana Mill.*). *Akta Kim Indonesia.*; 5(1):43. Asal Pulau Timor.
- Kurniawan, B. dan W. F. Aryana. 2015. Binahong (*Cassia alata L*) as Inhibitor of *Escherichia coli* Growth. *J Majority*; 4(4).
- Kuspradini. H., W. F. Pasedan, dan I. W. Kusuma. 2016. Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Daun *Pometia pinnata*. *Jurnal Jamu Indonesia*. 1(1): 26-34.
- MacDougall, D.B. 2002. *Colour in Food: Improving Quality.* Woodhead. Publishing Ltd. England.
- Maghfiroh, L., T. Rahayu., A. Hayati. 2018. Profil Histokimia dan Analisis In Silico Senyawa Metabolit Sekunder pada Daun Zaitun (*Olea europaea L.*). *Jurnal Ilmiah Sains Alami (Known Nature)*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Islam Malang. Malang.
- Markakis, P. 1982. *Anthocyanins as Food Additives. Anthocyanins as Food Colors.* Academic Press. New York.
- Nada, F.A.Q., T. Rahayu., A. Hayati. 2021. Analisis Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Sangrai Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dari Tanaman Hasil Pemupukan Organik dan Anorganik. *Jurnal Ilmiah Sains Alami (Known Nature)*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Islam Malang. Malang.
- Nisa, K., T. Rahayu., G.E. Jayanti. 2023. Analisis In Silico dan Aktivitas Antioksidan Senyawa Nano Kompleks pada Daun dan Cabang Bidara (*Ziziphus mauritiana Lamk*). *Jurnal Ilmiah Sains Alami (Known Nature)*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Islam Malang. Malang.
- Parwata I. M. O. K. & Dewi P. S. F. 2008. Isolasi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Dari Rimpang Lengkuas (*Alpinia galanga L.*). *Jurnal Kimia*. 2 (2): 100-104
- Pokorny, J.; N. Yanishielva And M. Gordon. 2001. *Antioxidant in Food.* Woodhead Publishing Ltd. England.

- Rachmawari, R. 2014. Uji Aktifitas Ekstrak Etanol Daun Sisik Naga (*Drymoglossum piloselloides* (L) Presi) dan Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Stennis) terhadap Bakteri *Streptococcus* Mutans. Skripsi Tidak Diterbitkan. Jurusan Kimia Fakultas Saintek UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Malang.
- Rahayu, T. 2012. Deteksi Senyawa Isoflavon Daidzein Dan Genistein Pada Kultur In-Vitro Kalus Kedelai (*Glycine Max* Merr.). *Berkala Penelitian hayati* 18 (75–78). Jurusan Biologi FMIPA Universitas Islam Malang. Malang.
- Reece, I., Urry, C. Wasserman, Minorsky and Jackson. 2011. *Campbell Biology. 9th edition*. Editor B. Wilbur. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- Retnowati, Y., N. Bialangi, dan N. W. Posangi. 2011. Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Media Yang Diekspos Dengan Infus Daun Sambiloto (*Andrographis paniculata*), *Saintek*, 6(2).
- Rohman, A. 2017. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Rukmana, 1998. *Bertani Kacang Panjang*. Karnisius. Yogyakarta
- Rupa, D. 2015. Identifikasi Struktur Sekretori dan Analisis Histokimia dan Uji Fitokimia Tumbuhan Obat Anti-infeksi di Kawasan Taman Nasional Bukit Dua belas Jambi (TESIS). Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Rustanti, E., A. Jannah., dan A. G. Fasya 2013. Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Katekin Dari Daun Teh (*Cameliasinensis.varassamica*) Terhadap Bakteri *Micrococcus luteus*. *Alchemy*, Vol. 2 No. 2. Malang
- Sani, A., Ahmad, A., & Zenta, F. 2019. Effect Of Metal Ion Cu (Ii) And Mg (Ii) On The Activities Antioxidant Anthocyanin Of Extract Ethanol Skin Dragon Fruit Red (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Akta Kimia Indonesia* (Indonesia Chimica Acta), 11(1). 11-20.
- Sastrohamidjojo, H. 2018. *Kimia Dasar. Edisi, Cetakan ketiga*., Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Sarker, S. D. dan N. Lutfun. 2009. *Kimia Untuk Mahasiswa Farmasi Bahan Kimia Organik, Alam dan Umum*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta
- Setiani, A. 2007. *Budidaya dan Analisis Usaha Stroberi*. CV. Sinar Cemerlang Abadi. Jakarta .
- Silalahi, M. 2017. *Syzygium polyanthum* (Wight) Walp. (Botani, Metabolit Sekunder dan Pemanfaatan), 10(1).

- Sirait, M. 2007. *Penuntun Fitokimia dalam Farmasi*. ITB Bandung. Bandung
- Soemadi, W. 1997. *Budidaya Stroberi di Pot dan di Kebun*. CV. Aneka. Solo
- Sona, S.; Sumezynski, D.; Mlcek, J.; Jurikova, T.; Sochor, J. .2015. Bioactive compounds and antioxidant Activity in Different Types of Berries. *International Journal of Molecular Sciences*. 16, 24673–24706.
- Sudarmi, K., I. B. G. Darmayasa, dan I. K. Muksin. 2017. Uji Fitokimia Dan Daya Hambat Ekstrak Daun Juwet (*Syzygium cumini*) Terhadap Pertumbuhan *Eschericia coli* Dan *Staphylococcus aureus* ATCC, *Jurnal Simbiosis*, 2(September), pp. 47–51.
- Sujatmiko, Y. A. 2014. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii* B.) Dengan Cara Ekstraksi Yang Berbeda Terhadap *Escherichia coli* Sensitif Dan Multiresisten Antibiotik. Universitas Mumammadiyah Surakarta.
- Sumardjo, D., 2009, *Pengantar Kimia : Buku Panduan Kuliah Mahasiswa. Kedokteran dan Program Strata I* Fakultas Bioeksata. EGC. Jakarta
- Sunarsih, E.S., E. N. Anggraeny, P.S. Listyoputri Wibowo, & N. Elisa. 2020. Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of Strawberry Juice (*Fragaria ananassa* Duchesse) Against Urem Level, Creatinin, and Enzyme Catalase Activity In Isoniazid-Induced Wistar Male Rats. STIFAR. Semarang
- Susanty, S., F. Bachmid. 2016. Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi Dan Refluks Terhadap Kadar Fenolik Dari Ekstrak Tongkol Jagung (*Zea Mays* L.). *Jurnal Konversi* 5(2):87.
- Tjitrosoepomo, G. 2010. *Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta*. Gajah Mada University press. Yogyakarta.
- Vierkotter, A. 2009. Airbone Particle Exposure and Extrinsic Skin Aging. *Journal of Investigative Dermatology*. 130 (12): 2719- 2726
- Wardhani, L. K. dan N. Sulistyani. 2012. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Daun Binahong (*Anredera scandens* (L.) Moq .) Terhadap *Shigella flexneri* Beserta Profil Kromatografi Lapis Tipis, *Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 2(1), pp. 1–16.
- Wilson, B. A., A. A. Salyers, D. D. Whitt, and M. E. Winkler. 2011. *Bacterial Pathogenesis A Molecular Approach. 3rd Edition*. Washington, DC.
- Winarsi H, 2007. *Antioksidan alami dan radikal bebas potensi dan aplikasinya dalam kesehatan*. Kanisius. Yogyakarta



Yanhoy L., C. O. Hong, M. H. Nam, J. H. Kim, Y. Ma, Y. B. Kim, K. W. Lee. 2011. Antioxidant and Glycation Inhibitory Activities of Gold Kiwi Fruit (*Actinidia chinensis*). *Journal Korea Soc. Appl. Biol. Chem.* 54 (3). 460 – 467.

