

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER
TURUNAN AROMATIK DARI EKSTRAK METANOL KAYU BATANG
ANDALIMAN (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) ASAL
SUMATERA UTARA**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia



Oleh:

SYIFA NUR MALIKA

1804575

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2022**

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER
TURUNAN AROMATIK DARI EKSTRAK METANOL KAYU BATANG
ANDALIMAN (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) ASAL
SUMATERA UTARA**

Oleh:

Syifa Nur Malika

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Syifa Nur Malika 2022

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER
TURUNAN AROMATIK DARI EKSTRAK METANOL KAYU BATANG
ANDALIMAN (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) ASAL
SUMATERA UTARA**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dr. Iqbal Musthapa, M.Si.

NIP. 197512232001121001

Pembimbing II

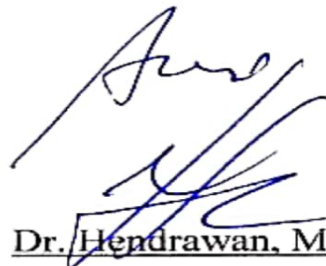


Gun Gun Gumilar, M.Si

NIP. 197906262001121001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

ABSTRAK

Tanaman andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) merupakan salah satu tanaman asal Sumatera Utara yang umum digunakan sebagai bumbu masakan. Beberapa penelitian sebelumnya menyatakan bahwa tanaman andaliman mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder antara lain flavonoid, alkaloid, fenolik, steroid, terpenoid, lignan, dan kumarin. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder yang dapat diisolasi dari tumbuhan andaliman dan menentukan struktur senyawa turunan aromatik dengan menggunakan metode spektroskopi *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR). Ekstrak metanol kayu batang andaliman sebanyak 3,1004 gram dipisahkan dan dimurnikan menggunakan beberapa metode kromatografi yaitu Kromatografi Cair Vakum (KCV) dan Kromatografi Lapis Tipis Preparatif (KLTP). Senyawa murni yang diperoleh berupa padatan kuning seulas sebanyak 10 mg dengan rumus molekul $C_{12}H_{10}O_3$ dan termasuk ke dalam golongan turunan aromatik.

Kata kunci: *Zanthoxylum acanthopodium* DC., kromatografi, *Nuclear Magnetic Resonance*, senyawa aromatik

ABSTRAC

Andaliman plant (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) is one of the plants from North Sumatra which is widely used as a cooking spice. Several previous studies have stated that the Andaliman plant contains several secondary metabolites, including flavonoids, alkaloids, phenolics, steroids, terpenoids, lignans, and coumarins. Based on this, the study's objectives are to identify secondary metabolite molecules that can be isolated from Andaliman plants and to use Nuclear Magnetic Resonance (NMR) spectroscopic techniques to determine the structure of aromatic derivative compounds. 3.1004 grams of andaliman stem methanol extract was separated and purified using several chromatographic methods, namely Vacuum Liquid Chromatography (KCV) and Preparative Thin Layer Chromatography (TLC). The pure compound obtained is in the form of a thick yellow solid, has a characteristic pungent odor of 10 mg with the molecular formula $C_{12}H_{10}O_3$ and belongs to the group of aromatic derivatives.

Keywords: *Zanthoxylum acanthopodium* DC., chromatography, Nuclear Magnetic Resonance, aromatic compounds

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tumbuhan Genus <i>Zanthoxylum</i>	5
2.2 Andaliman (<i>Zanthoxylum acanthopodium</i> DC.).....	5
2.2.1 Manfaat Buah Andaliman.....	7
2.3 Kandungan Metabolit Sekunder Aromatik Genus <i>Zanthoxylum</i>	8
2.3.1 Senyawa Alkaloid.....	8
2.3.2 Senyawa Flavonoid	10
2.3.3 Senyawa Lignan	11
2.3.4 Senyawa Kumarin	13
2.4 Ekstraksi dan Pemisahan.....	15
2.4.1 Maserasi	15
2.4.2 Kromatografi	16
2.5 Spektroskopi.....	18
2.5.1 Spektroskopi NMR	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	21

3.2	Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1	Alat	21
3.2.2	Bahan	21
3.3	Prosedur Penelitian	22
3.3.1	Persiapan Bahan dan Ekstraksi Sampel	23
3.3.2	Pemisahan dan Pemurnian Senyawa Murni	23
3.3.3	Karakterisasi Senyawa Murni	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Ekstraksi	26
4.2	Pemisahan dan Pemurnian Senyawa Aromatik	26
4.3	Karakterisasi Struktur Senyawa Aromatik	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		36
5.1	Kesimpulan	36
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN		43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tumbuhan Andaliman (<i>Zanthoxylum acanthopodium</i>).....	6
Gambar 2.2 Struktur senyawa alkaloid pada genus <i>Zanthoxylum</i>	9
Gambar 2.3 Struktur senyawa flavonoid pada genus <i>Zanthoxylum</i>	11
Gambar 2.4 Struktur Senyawa Lignan pada genus <i>Zanthoxylum</i>	13
Gambar 2.5 Struktur senyawa kumarin pada genus <i>Zanthoxylum</i>	14
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.....	22
Gambar 3.2 Bagan alir proses pemisahan dan pemurnian.....	24
Gambar 4.1 Hasil KLT untuk identifikasi senyawa	27
Gambar 4.2 Hasil KLT 14 fraksi	28
Gambar 4.3 Hasil KLT fraksi A, B dan C	28
Gambar 4.4 Kromatogram fraksi C.1.1 atau isolat 1	29
Gambar 4.5 Spektrum ¹ H-NMR	30
Gambar 4.6 Spektrum ¹³ C-NMR	31
Gambar 4.7 Spektrum HSQC	32
Gambar 4.8 Spektrum HMBC	33
Gambar 4.9 Kerangka struktur senyawa isolate 1 berdasarkan korelasi HMBC.....	34
Gambar 4.10 Struktur senyawa isolat 1	35
Gambar 5.1 Struktur Isolat 1	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanaman <i>Zanthoxyum acanthopodium</i>	7
Tabel 2.2 Senyawa alkaloid yang terkandung pada genus <i>Zanthoxylum</i>	9
Tabel 2.3 Senyawa flavonoid yang terkandung pada genus <i>Zanthoxylum</i>	10
Tabel 2.4 Senyawa lignan yang terkandung pada genus <i>Zanthoxylum</i>	12
Tabel 2.5 Senyawa kumarin yang terkandung pada genus <i>Zanthoxylum</i>	14
Tabel 4.1 Data hasil interpretasi spektrum NMR.....	34

DAFTAR PUSTAKA

- Adesina, S. K. (2005). The Nigerian *Zanthoxylum*: Chemical and Biological Values. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative medicines*. 2. 282-301.
- Andayanie, L. (2000). Kajian daya insektisida Alami nabati Kulit Buah Manggis, buah Andaliman, getah Gambir dan daun teh terhadap perkembangan hama gudang *Sitophilus zeamais* Motsch. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi pertanian IPB.
- Anza, M., Haile, E., Tadesse, S., Mammo, F., Endale, M. (2014). A coniferyl alcohol derivative from the roots of *Zanthoxylum chalybeum*. *Journal of Coastal Life Medicine*. 2(12): 970-974.
- Alegantina, S. dan Ani, I. 2010. Identifikasi dan Penetapan Senyawa Kumarin Dalam Ekstrak Metanol *Artemisia Annu*L. Secara Kromatografi Lapis Tipis-Densitometri. *Bul penelit. Kesehat*38(1): 17-28.
- Bappenas. (2003). *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan*. Jakarta: Dokumen Nasional Bappenas.
- Bastos, J. K., Albuquerque, S., & Silva, M. L. (1999). Evaluation of The Trypanocidal Activity of Lignans Isolated from the Leaves of *Zanthoxylum naranjillo*. *Planta Medica*, 65, (6), 541-544.
- Bhatt, V., Kumar, N., Sharma, U., & Singh, B. (2018). Front Cover: Comprehensive metabolic profiling of *Zanthoxylum armatum* and *Zanthoxylum acanthopodium* leaves, bark, flowers, and fruits using ultra high performance liquid chromatography. *Separation science Plus*, 1(5) NA-NA.
- Chen, I. S., Lin, Y. C., Tsai, I. L., Teng, C. M., Ko, F. N., Ishikawa, T., & Ishii, H. (1995). Coumarins and Anti-Platelet Aggregation Constituents from *Zanthoxylum schinifolium*. *Phytochemistry*, 39, (5), 1091-1097.
- Chen, dkk. (1988). Studies on the Chemical Constituents of *Zanthoxylum planistinum* Sieb. et Zucc. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 23, 422-425.
- Chen, I. S., Tsai, I. W., Teng, C. M., Chen, J. J., Chang, Y. L., Ko, F. N., ... & Pezzuto, J. M. (1997). Pyranoquinoline Alkaloids from *Zanthoxylum simulans*. *Phytochemistry*, 46, (3), 525-529
- Da Silva, S. L., Figueredo, P. M. S., Yano, T. (2006). Antibacterial and Antifungal Activities of Volatile Oils from *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. Leaves. *Pharmaceutical Biology*. 44. 657-659.
- Dewick PM. (1997). Medicinal Natural Product. *John Willey Son Ltd.*, England, Hal. 447
- Diéguez, R., Garrido, G., Prieto, S., Iznaga, Y., González, L., Molina, J., Curini, M Epifano, F., Marcotullio, M. C. (2003). Antifungal activity of some Cuba *Zanthoxylum* species. *Fitoterapia*. 74. 384-386.

- Fessenden, R. dan Fessenden, J. (1986). *Kimia Organik Edisi 3*. Jakarta: Erlangga.
- Gaur, R. D. (1999). *Flora of the District Garhwal North West Himalaya: With Ethnobotanical Notes*. TransMedia, Srinagar, p. 811
- Guo, T., Tang, X. F., Zhang, J. B., Wei, J. Q., Wang, Y., Li, Y. H., & Zhang, Z. (2014). Chemical Constituents from the Root and Stem of *Zanthoxylum avicennae*. *Applied Mechanics and Materials*, 618, 426–430. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.618.426>
- Harris, dkk. (1982). *An Introduction to Chemical Analysis. Savders Collage Publishing Philadelphia: Holt-Savder Japan*.
- Hartley TG. (1966). A Revision of the Malesian Spices of *Zanthoxylum* (Rutaceae). *J. Arnold Arboretum*, 47:171-221.
- Hasairin, A. (1994). *Etnobotani Tanaman Rempah dalam Makanan Adat Masyarakat Batak Angkola dan Mandailing*. Bogor: Program Pascasarjana IPB.
- Heftmann, E. (1983). *Steroids Dalam Kromatografi. Fundamentals and Application*, Amsterdam.
- Hendayana, S. (2006). *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hepworth, JD., Waring, DR., Waring, MJ. (2002). *Aromatic Chemistry. Royal society of chemistry*. UK, Cambridge.
- Karunakaran, C., Rajkumar, R., dan Balamurugan, M. (2018). *Principles of Nuclear Magnetic Resonance and Pulsed Nuclear Magnetic Resonance, Spin Resonance, Spectroscopy*, India: Elsevier Inc.
- Katzer, G. (2004). Sichuan Pepper *Zanthoxylum piperitum/ simulans/ bungeanum/ rhetsa/ acanthopodium* and Others. (daring). Sumber: <http://www.ang.klunigraz.ac.at>. (diakses 20 Juli 2022)
- Kim, K. H., Kim, H. K., Choi, S. U., Moon E., Kim, S. Y., Lee, K. R. (2011). *J. Nat. Prod.*, 74, 2187–2192.
- Kristanti R. E. (2012). *Isolasi dan Elusidasi Struktur Senyawa Antioksidan dan Penghambat Xantin Oksidase dari Buah Andaliman (Zanthoxylum acanthopodium DC.)* [Tesis]. Depok: Fakultas FMIPA UI.
- Kristanti R. E. dan Suriawati, J. (2015). *Zanthoxylum acanthopodium DC. Dari Indonesia, Nilai Kimia dan Biologi. Int J Pharm Tech Res.* 8:313-21.
- Lai-Yin, C. (2003). *Chemical Contituents of Zanthoxylum acanthopodium* (Doctoral dissertation, Thesis).
- Li, dkk. (1996). *Studies on the Chemical Constituents of Zanthoxylum armatum DC. Natural Product Research and Development*, 8, 24-27.
- Li, H., Li, P., Zhu dan Xie. (2006). *Studies on the Chemical Constituents of Zanthoxylum armatum DC. China Pharmacy*, 17, 1034-1037.

- Mawadah, R. (2009). Kajian Hasil Riset Potensi Antimikroba Alami Dan Aplikasinya Dalam Bahan Pangan di Pusat Informasi Teknologi Pertanian Fateta IPB. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Min, B. -S., Na, M. -K., Oh, S. -R., Ahn, K. -S., Jeong, G. -S., Li, G., Lee, S. -K., Joung, H., Lee, H.-K. (2004). New furofuran and butyrolactone lignans with antioxidant activity from the stem bark of *Styrax japonica*. *J. Nat. Prod.* 67, 1980-1984.
- Mulja. (1995). *Analisis Instrumental*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Narendra, Bikram, dan Ram. (1999). A New Amide from *Zanthoxylum armatum*. *Journal of Natural Product*, 62, 311-312.
- Negi, J. S., Bish, V. K., Bhandari, A. K., Singh, P., dan Sundriyah, R . C. (2011). Chemical Constituents and Biological Activities of the Genus *Zanthoxylum*: review. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 5 (12) : 412-416.
- Negi A. S., J. K. Kumar, S. Luqman, K. Shanker, M. M. Gupta, S. P. Khanuja. (2008). Recent advances in plant hepatoprotectives: a chemical and biological profile of some important leads. *Medicinal Research Reviews*. 28. 5. (2008). 746-772.
- Ningrum, M. P. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Maserasi Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Rumput Laut Merah (*Euchema cottonii*). [Tesis]. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas brawijaya, Malang.
- Novitasari, A. E. dan D. Z. Putri. (2016). Isolasi dan Identifikasi Saponin Pada Ekstrak Daun Mahkota Dewa Dengan Ekstraksi Maserasi. *Jurnal Sains*. 6(12):10-14.
- Okagu, IU., Ndefo, JC., Aham, EC., Udenigwe, CC. (2021). *Zanthoxylum* Species: A Review of Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology in Relation to Cancer, Infectious Diseases and Sickle Cell Anemia. *Front. Pharmacol.* 12:713090.
- Pan J. Y., S. L. Chen, M. H. Yang, J. Wu, J. Sinkkonen, K. Zou. (2009). An update on lignans: natural products and synthesis. *Natural Products Reports*. 26. 10. 1251-1292.
- Pantino, O.J., Prieto, J.A., Cuca, L.E. (2012). *Zanthoxylum* Genus as Potential Source of Bioactive Compounds. *Bioactive Compounds in Phytomedicine* (10): 184-218.
- Pratiwi, E. (2010). Perbandingan Metode Maserasi, Remaserasi, Perkolasi dan Reperkolasi dalam Ekstraksi Senyawa Aktif Andrographolide dari Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* Nee). [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.

- Rajalakshmi, D dan S. Narasimhan. (1985). Food Antioxidants: Sources and Methods of Evaluation dalam D.L. Madhavi: Food Antioxidant, Technological, Toxilogical and Health Perspectives. *Marcel Dekker Inc.*, Hongkong: 76-77
- Raymond, Chang. (2005). *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Rubiyanto, D. (2016). *Teknik Dasar Kromatografi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Rubiyanto, D. (2017). *Metode Kromatografi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Saifudin, A. (2014). *Senyawa Alam Metabolit Sekunder*. Yogyakarta: Deepublish.
- Saleem M., H. J. Kim, M. S. Ali, Y. S. Lee. (2005.) An update on bioactive plant lignans. *Natural Product Reports*. 22. 6. 696-716.
- Samant SS, Dhar U (1997). Diversity, endemism, and economic potential of wild edible plants of the Indian Himalayas. *Int. J. Sustain.Dev. World Ecol.*, 4: 179-191.
- Sastrohamidjojo, H. (1985). *Kromatografi*. Penerbit Liberti: Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. (1986). *Spektroskopi*. Penerbit Liberti: Yogyakarta.
- Seal, Tapan. (2016). Hplc Determination of Phenolic Acids, Flavonoids And Ascorbic Acid in Four Different Solvent Extracts of *Zanthoxylum Acanthopodium*, A Wild Edible Plant of Meghalaya State of India. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3, (8), 103-109.
- Seidemann, J. (2005). *World Spice Plants: Economic Usage, Botany, Taxonomy*. Springer-Verlag. 399-402.
- Sibuea, P. (2002). *Potensi Andaliman Sebagai Antioksidan Alami*. Jakarta: Kompas.
- Simpson, J. H. (2017). *NMR Case Studies*, Netherlands: Elsevier.
- Siregar, B.L. (2002). *Andaliman (Zanthoxylum Acanthopodium DC.) di Sumatera Utara; Deskripsi dan Perkecambahan*. J. Hayati hlm. 38-40.
- Siswadi, I. (2002). Mempelajari Aktivitas Antimikroba Ekstrak Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium DC.*) Terhadap Mikroba Patogen Perusak Makanan. [Skripsi]. Medan: Fakultas MIPA USU.
- Sitorus, dkk. (2013). *Teknik Laboratorium Kimia Organik*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Soebagio, dkk. (2003). *Kimia Analitik II*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Somanabandhu, A., Ruangrunsi, N., Lange, G. L., & Organ, M. G. (1992). Constituents of the Stem Bark of *Zanthoxylum limonella*. *J. Sci. Soc. Thailand*, 18, 181-185

- Suharto, M. A. P., H. J. Edy dan J. M. Dumanauw. (2016). Isolasi dan Identifikasi Senyawa Saponin dari Ekstrak Metanol Batang Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum* L.), Jurnal Sains. 3(1):86-92.
- Tangjitjaroenkun, J., Chantarasriwong, O., & Chavasiri, W. (2012). Chemical Constituents of the Stems of *Zanthoxylum limonella* Alston. *Phytochemistry letters*, 5, (3), 443-445.
- Tarigan, A. (2006). Perkecambahan Biji Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) dengan Perlakuan Lama Perendaman dan Konsentrasi Ethrel 40 PGR. [Skripsi]. Universitas Katholik St. Thomas Medan.
- Tsai, I. L., Lin, W. Y., Teng, C. M., Ishikawa, T., Doong, S. L., Huang, M. W., ... & Chen, I. S. (2000). Coumarins and Antiplatelet Constituents from the Root Bark of *Zanthoxylum schinifolium*. *Planta medica*, 66, (7), 618-623
- Tensiska. (2001). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Buah Andaliman dalam Beberapa Sistem Pangan dan Kestabilan Aktivitasnya terhadap Kondisi Suhu dan pH. [Thesis]. Bogor: Program Pascasarjana IPB.
- Umezawa T., 2003. Diversity in lignan biosynthesis. *Phytochemistry Reviews*. 2. 3. (2003). 371-390.
- Wang, C. F., Fan, L., Tian, M., Du, S. S., Deng, Z. W., Feng, J. B., & Su, X. (2015). Cytotoxicity of benzophenanthridine alkaloids from the roots of *Zanthoxylum nitidum* (Roxb.) DC. var. *fastuosum* How ex Huang. *Natural product research*, 29(14), 1380-1383.
- Wei, Y. (2019). Antimicrobial Drug Composition and Chinese Medicine Spread in Qing Dynasty. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 59(4).
- Wijaya, C. H. (1999). Rempah Tradisional Sumatera Utara dengan Aktifitas Antimikroba dan Antioksidan. Jakarta: Teknologi Industri Pangan.
- Wijaya, C.H., Irene, T.H., dan Apriyantono, A. (2001). Komponen Volatil dan Karakterisasi Komponen Kunci Aroma Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). Jurnal Tekno dan Industri Pangan. 12(2): 117-125.
- Wulandari, L. (2011). *Kromatografi Lapis Tipis*. Jember: PT. Taman Kampus Presindo.
- Yamazaki, E., Inaki, M., Kurita. O., Inoue, T. (2005). Antioxidant Activity of Japanese Pepper (*Zanthoxylum piperitum* DC.) Fruit. *Food chemistry*, 100, (2007), 171-177.
- Yang, X. (2008). Aroma Constituents and Alkylamides of Red and Green Huajiao (*Zanthoxylum bungeanum* and *Zanthoxylum schinifolium*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56. 1689-1696.
- Yang. G. Z., Hu, Yang, B., dan Chen. (2009). Lignans from the Bark of *Zanthoxylum planistinum*. *Helvetica Chimica Acta*, 92, 1657-1633.

- Yang, Seo Y., Lee, S.H., Tai, B.H., Jang, H.D., Kim, Y.H. (2018). Antioxidant and Anti-Osteoporosis Activities of Chemical Constituents of the Stems of *Zanthoxylum piperitum*. *Molecules*, 23, (457), 1-10.
- Zhang, Y., Wang, D., Yang, L., Zhou, D., & Zhang, J. (2014). Purification and Characterization of Flavonoids from the Leaves of *Zanthoxylum bungeanum* and Correlation Between Their Structure and Antioxidant Activity. *PloS one*, 9, (8), e105725.