

**EPOKSIDASI MINYAK INTI BUAH KETAPANG SECARA  
KEMOENZIMATIK**



**SKRIPSI**

**Oleh  
SITI HUMAERAQ  
NIM: G1C017058**

**PROGAM STUDI: KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS MATARAM  
2022**

**EPOKSIDASI MINYAK INTI BUAH KETAPANG SECARA  
KEMOENZIMATIK**



**SKRIPSI**

Oleh  
**SITI HUMAERAQ**  
**NIM: G1C017058**

**PROGAM STUDI: KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS MATARAM**  
**2022**

**EPOKSIDASI MINYAK INTI BUAH KETAPANG SECARA  
KEMOENZIMATIK**

**SKRIPSI**

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana dari  
Universitas Mataram

Oleh  
SITI HUMAERAQ  
NIM: G1C017058

**PROGAM STUDI: KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS MATARAM  
2022**

## ABSTRAK

### EPOKSIDASI MINYAK INTI BUAH KETAPANG SECARA KEMOENZIMATIK

Oleh  
SITI HUMAERAQ  
NIM: G1C017058

Epoksi dihasilkan dari reaksi epoksidasi minyak nabati yang memiliki ikatan rangkap. Epoksi dapat diaplikasikan sebagai *stabilizer*, *plasticizers* pada PVC dan bahan baku pembuatan senyawa kimia. Minyak inti buah ketapang (*Terminalia catappa, L.*) digunakan sebagai bahan baku karena merupakan minyak non-komersial dan ketersediannya melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi minyak inti buah ketapang sebagai bahan baku reaksi epoksidasi secara kemoenzimatik dan untuk mendapatkan kondisi optimum reaksi epoksidasi. Optimasi reaksi epoksidasi dilakukan pada berbagai variabel, yaitu rasio konsentrasi minyak dan hidrogen peroksida, massa enzim, suhu dan waktu reaksi. Variasi rasio konsentrasi minyak dengan hidrogen peroksida yaitu 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 (mol/mol), massa enzim 5, 10, 15, 20 dan 25 %, suhu reaksi 40; 45; 50; 55 °C, dan waktu reaksi bervariasi dari 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Kondisi optimum dicapai pada rasio konsentrasi minyak dan hidrogen peroksida 1:3 (mol/mol), massa enzim 15 %, suhu 50 °C, dan waktu reaksi selama 4 jam. Hasil epoksidasi dikarakterisasi dengan menentukan bilangan iod, oksiran, viskositas dan analisis FTIR. Persentase bilangan oksiran yang diperoleh yaitu sebesar 1,43 % dengan konversi epoksi sebesar 48,48 %, nilai bilangan iod 17,76 mg iod/100 g, dan viskositas sebesar 14,9282 cP. Berdasarkan spektrum FTIR terdapat serapan khas epoksi pada bilangan gelombang 844,71  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan C-C dalam epoksi.

Kata kunci: Optimasi, epoksi, kemoenzimatik, minyak ketapang.

## ABSTRACT

### CHEMOENZYMATIC EPOXIDATION OF KETAPANG FRUIT KERNEL OIL

By

SITI HUMAERAQ

NIM: G1C017058

Epoxy is produced from the epoxidation reaction of vegetable oils which have double bonds. Epoxy can be applied as *stabilizers*, *plasticizers* on PVC and raw materials for the manufacture of chemical compounds. Ketapang fruit kernel oil (*Terminalia catappa, L.*) is used as a raw material because it is a non-commercial oil and its availability is abundant. This study aims to determine the potential of ketapang oil as a raw material for chemoenzymatic epoxidation reactions and to obtain the optimum conditions for the epoxidation reaction. The optimization of the epoxidation reaction was carried out on various variables, namely the concentration ratio of oil with hydrogen peroxide, enzyme mass, temperature and reaction time. Variations in the concentration ratio of oil with hydrogen peroxide are 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 (mol/mol), enzyme mass 5, 10, 15, 20 and 25 %, reaction temperature 40; 45; 50; 55 °C and the reaction time varied from 1, 2, 3, 4 and 5 hours. The optimum condition achieved at the concentration ratio of oil to hydrogen peroxide 1:3 (mol/mol), enzyme mass of 15 %, a temperature of 50 °C, and a reaction time of 4 hours. The epoxidation result were characterized by determining the iodine number, oxirane, viscosity and FTIR analysis. The percentage of oxirane number obtained was 1.43 % with an epoxy conversion of 48.48 % and an iodine value of 17.76 mg iod/100 g, and a viscosity of 14.9282 cP. Based on the FTIR spectrum there is a typical epoxy absorption at a wave number of 844,71  $\text{cm}^{-1}$  which is C-C in epoxy.

Keywords: Optimization, epoxy, chemoenzymatic, ketapang oil.

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya mengatakan bahwa skripsi ini murni karya saya sendiri dan di dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Mataram, 19 Januari 2022

Yang menyatakan

SITI HUMAERAQ  
NIM: G1C017058

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**EPOKSIDASI MINYAK INTI BUAH KETAPANG SECARA KEMOENZIMATIK**

**SITI HUMAERAQ**

**NIM: G1C017058**

**Menyetujui**

**Tim Pembimbing**

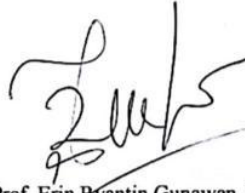
**Tanggal: 19 Januari 2022**

**Pembimbing I,**



(Prof. Dedy Suhendra, Ph.D)  
NIP. 19671207 199603 1 002

**Pembimbing II,**



(Prof. Erin Ryantin Gunawan, Ph.D)  
NIP. 19680218 199603 2 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

EPOKSIDASI MINYAK INTI BUAH KETAPANG SECARA KEMOENZIMATIK

SITI HUMAERAQ

NIM: G1C017058

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Program Studi Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Pada Tanggal: 24 Januari 2022

Tim Penguji:

(Dr. Ni Komang Tri Dharmayani, S.Si., M.Si.) (Ketua)  
NIP.19820411 200912 2 002

(Dr. Maria Ulfa, S.Si., M.Si.)  
NIP. 19690531 200003 2 001

(Prof. Dedy Suhendra, Ph.D.)  
NIP. 19671207 199603 1 002

(Prof. Erin Ryantin Gunawan, Ph.D.)  
NIP. 19680218 199603 2 001

(Anggota I)

(Anggota II)

(Anggota III)

Mengetahui:

Fakultas MIPA Universitas Mataram  
Dekan



Prof. Dedy Suhendra, Ph.D.  
NIP. 19671207 199603 1 002

Program Studi Kimia  
Ketua

Dr. Maria Ulfa, S.Si., M.Si.  
NIP. 19690531 200003 2 001



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., 2012, Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Bilangan Hidroksil Pada Pembentukan Polyol Dari Epoksidasi CPO dan Curcas Oil, *Konversi*, 1(1): 15-24.
- Adhvaryu, A., dan Erhan, S. Z., 2002, Epoxidized Soybean Oil as A Potential Source of High-Temperature Lubricants, *Industrial Crops and Products*, 15(1): 247 – 254.
- Alamsyah, R., Susanti, I., Siregar, N. C., dan Heryani, S., 2013, Pengaruh Perbandingan Asam Format dan Hidrogen Peroksida dalam Pembuatan Senyawa Epoksi dari Minyak Kelapa Sawi t, *Warta IHP*, 30(2): 55 – 74.
- Arimanda, P., 2020, Optimasi Sintesis Epoksi Dari Minyak Inti Buah Ketapang (*Terminalia cattappa*, L.) Secara Kimiawi, Skripsi, Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Mataram.
- Arniza, M. N., Hoong, S. S., Idris, Z., Yeong, S. K., Hassan, H. A., Din, A. K., dan Choo, 2015, Synthesis of Transesterified Palm Olein-Based Polyol and Rigid Polyurethanes from this Polyol, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92: 243-255.
- Apituley, D. A. N., Sormin, R. B. D., dan Nanlohy, E. E. E. M., 2020, Karakteristik dan Profil Asam Lemak Minyak Ikan dari Kepala dan Tulang Ikan Tuna (*Thunnus albacares*), *Surnal Teknologi Pertanian*, 9(1): 10-19.
- Bajwa, A., Sathaye, S., Kulkarni, V., dan Patwardhan, A., 2016, Chemoenzymatic Epoxidation of Karanja Oil: an alternative to chemical epoxidation, *AsiaPacific Journal of Chemical Engineering*, 11: 314-322.
- Bhalerao, M. S., Kulkarni, V. M., dan Patwardhan, A. V., 2017, Ultrasound-assisted Chemoenzymatic of Soybean Oil by Using Lipase as Biocatalyst, *Ultrasonics Sonochemistry*, 1-48.
- Derawi, D., Salimon, J., dan Ahmed, W. A., 2014, Preparation of Epoxidized Palm Olein as Renewable Material by Using Peroxy Acids, *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 18(3): 584 – 591.
- Dharmayani, N. K. T., Yoshimura, T., Hermawati, E., Juliawaty, L. D., & Syah, Y. M. (2020). Antibacterial and antifungal two phenolic sesquiterpenes from *Dysoxylum densiflorum*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 75(1-2), 1-5.
- Dharmayani, N. K. T., Juliawaty, L. D., & Syah, Y. M. (2016). Three tetracyclic triterpenoic acids from *dysoxylum densiflorum* and their antibacterial activities. *Natural Product Communications*, 11(8), 1934578X1601100812.
- Dharmayani, N. K. T. (2019). AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ASETON KULIT BATANG *Swietenia macrophylla* (Meliaceae). *Orbital Chemistry Journal*, 1(1), 8-11.
- Durbetaki, A. J., 1956, Direct Titration of Oxirane Oxygen with Hydrogen Bromide in Acetic Acid, *Analytical Chemistry*, 28(12): 2000 – 2001.
- Dwingga, W., 2015, Pemanfaatan Daun Ketapang (*Terminalia cattappa*, L.) Menjadi Zat Warna Alami Tekstil Dengan Menggunakan Variasi Pelarut, *Politeknik Negri Sriwijaya*, 28-34.
- Faizal, M., Prasetya, N., dan Rizky, A., 2009, Pengaruh Jenis Pelarut, Massa Jenis, Ukuran Partikel dan Jumlah Siklus terhadap Yield Ekstraksi Minyak Biji Ketapang, *Jurnal Teknik Kimia*, 16(2): 28-34.

- Ghozali, M., Fauzi, L. R., dan Triwulandari, E., 2016, Sintesis dan Uji Mekanis Epoksi Termodifikasi Poliuretan Berbasis Ester Gliserol Monooleat, *Jurnal Kimia Terapan*, 18(1) :45-54.
- Goud, V. V., Patwardhan, V., dan Pradhan, N. C., 2006, Studies on The Epoxidation of Mahua Oil (*Madhumica indica*) by Hydrogen Peroxide, *Bioresource Technology*, 97(1): 1365 – 1371.
- Graedel, T. E., dan Howarn, G. J. A., 2005, *Greening The Industrial Facility, Perspectives, Approaches, and Tools*, Springer, New York.
- Gunawan, E. R., dan Basri, M., 2005, Study On Response Surface Methodology (Rsm) of Lipase–Catalyzed Synthesis of Palm-Based Wax Ester. *Journal Oleo Science*, 37(1): 739-744.
- Gunawan, E. R., Suhendra, D., Hidayat, I., dan Kurniawati, L., 2018, Optimization of Alkyldiethanolamides Synthesis from *Terminalia catappa* L. Kernel Oil through Enzymatic Reaction, *Journal of oleo science*, 67(8): 949-955.
- Gunawan, E. R., Suhendra, D., Wulandari, B. N., dan Kurniawati, L., 2019, Enzimatic Synthesis of Palmitoylethanolamide from Ketapang Kernel Oil, *Journal of Physics*, 132 (2): 1-6.
- Haitz, F., Radloff, S., Rupp, S., Frohling, M., Hirth, T., dan Zibek, S., 2017, ChemoEnzymatic Epoxidation of *Lallemantia Ibercia* Seed Oil: Process Development and Economic-Ecological Evaluation, *Appl Biochem Biotechnol*, 1-21.
- Hariani, P. L., Fahma, R., dan Heni, O., 2007, Analisis Mutu Minyak Biji Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) Hasil Sokletasi, *Jurnal Penelitian Sain*, 10(3): 327 – 334.
- Hasibuan, H. A., dan Siahaan, D., 2013, Penentuan Bilangan Iod dan Titik Leleh Berdasarkan Kandungan Lemak Padat Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit, *Jurnal Standarisasi*, 15(1): 47-57.
- Hazmi, A. S. A., Aung, M. M., Abdullah, L. C., Salleh, M. Z., dan Mahmood, M. H., 2013, Producing *Jatropha* Oil-based Polyol via Epoxidation and Ring Opening, *Industrial Crops and Products*, 50(1): 563 – 567.
- Ibrahim A. I., Nurjanah, S., dan M. Kramadibrata, A., 2016, Impact of Different Extraction Methods on Physical Chemistry Properties of Palm Kernel Oil (*Elaeisguineensis*), *Jurnal Teknotan*, 10(1), 11-15.
- Ike, E., 2019, The Study of Viscosity-Temperature Dependence and Activation Energy for Palm Oil and Soybean Oil, *Global Journal of Pure and Applied Science*, 25: 209-217.
- Illiyin, S. A., 2018, Studi Kinetika Sintesis Alkildietanolamida Secara Enzimatis Dengan Subtrat Minyak Inti Buah Ketapang dan Dietanolamina, Skripsi, Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Mataram.
- Indriana, K., 2010, *Gaya Antarmolekul Cairan dan Padatan*, Erlangga, Jakarta.
- Irawati, Kurniawan, C., dan Harjono, 2019., Optimasi Epoksidasi Fatty Acid Methyl Esters (FAME) Berbasis Palm Olein sebagai Aditif Pemlastis Cat, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(1): 34 – 41.
- Istiawan, N. D., dan Kastono, D., 2019, Pengaruh Tempat Tumbuh Terhadap Hasil dan Kualitas Minyak Cengih (*Syzygium aromaticum* L.) di Kecamatan Samigaluh, Kulon Progo, *Vegetalika*, 8(1): 27-41.

- Janporn, S., Ho, C. T., Chavasit, V., Pan, M. H., Chittrakorn, S., Ruttarattanamongkol, K., dan Weerawatanakorn, M., 2014, Physicochemical Properties of Terminalia catappa seed oil as a novel dietary lipid source, *Journal of Food and Drug Analysis*, 30: 1-9.
- Jenifer, F., 2014, Pengaruh Tingkat Pemberian Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Terhadap Mutu CPO (Crude Palm Oil) yang Dihasilkan Melalui Proses Pemurnian Degumming, Skripsi, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas.
- Jozwiak, M., Filipowska, A., Fiorino, F., dan Struga, M., 2020, Anticancer activities of fatty acids and their heterocyclic derivatives, *European Journal of Pharmacology*, 871: 1-13.
- Kamilatin, J., Warindi., Nrantha, M, A., 2021, Uji Kelayakan Minyak Biji Ketapang Sebagai Bahan Isolasi Cair Transformtor, *Dielektrika*, 8(1): 21-30.
- Kinasih, N, A., dan Cifriadi, A., 2019, Karakteristik Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) Epoksi Murni Sebagai Pelunak Vulkanisat Karet NBR, *Jurnal Penelitian Karet*, 32(2): 198-205.
- Kinasih, N, A., dan Fathurrohman, M, I., 2016, Pengaruh Kondisi Reaksi Terhadap Karakteristik Ketahanan Karet Alam Epoksi Dalam N-Pentana, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(3): 102-109.
- Kotlewska, A, J., Rantwijk, F, V., Sheldon, R, A., dan Arends I, W., 2011, Epoxidation and Bayer-Viliger Oxidation Using Hydrogen Peroxide and a Lipase Dissolved in Ionic Liquids, *Green Chemistry*, 13(8): 21-54.
- Kusumawati, L., 2014, Studi Sintesis Alkildietanolamida Secara Enzimatis dengan Substrat Minyak Inti Buah Nyamplung dan Dietanolamina, Skripsi, Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Mataram.
- Lestari, M, W., Bintaro, V., dan Rizqiati, H., 2018, Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Tingkat Keasaman, Viskositas, Kadar Alkohol, dan Mutu Hedonik Kefir Air Kelapa. *Jurnal Teknik Pangan*, 2(1), 8-13.
- Listiana, Y., Tampubolon, H, R., dan Sinaga, M, S., 2017, Pengaruh Konsentrasi Katalis dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Epoksi Minyak Goreng Bekas, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(3), 28-33.
- Maisaroh, dan Handayani, W., 2018, Optimasi Proses Epoksidasi Asam Oleat Pada Scaling Up Sintesis Asam 9, 10-Dihidroksi Stearat (DHSA) Bench Scale, *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 12(1): 39-46.
- Maisaroh, Susetyo, I, B., dan Rusmandara, B., 2016, Sintesis Asam 9,10Dihidroksi Stearat (DHSA) Melalui Hidrolisa Epoksida Dari Oksidasi Asam Oleat Dengan Asam Performat, *Reaktor*, 16(2): 57-64.
- Maisaroh, dan Purwanto, W., 2019, Tinjauan Termodinamika dan Kesetimbangan Kimia Dalam Hubungan Perubahan Suhu Terhadap Konversi Reaksi Eposidasi Asam Oleat Berbasis Sawit, *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*, 1-11.
- Manurung, M., Suaniti, N.M., dan Putra, K.G.D., 2018, Perubahan Kualitas Minyak Goreng Akibat Lamanya Pemanasan, *Jurnal Kimia*, 12(1): 59-64.
- Menkiti, M, C., Agu, C, M., dan Udeigwe, T, K., 2015, Extraction of Oil from Terminalia catappa L.: Process Parameter Impacts, Kinetics, and Thermodynamics, *Industrial Crops and Products*, 77: 173-723.

- Milchert, E., Malarczyk, K., dan Klos, M., 2015, *Technologi Aspects of Chemoenzymatic Epoxidation of Fatty Acids Esters and Vegetable Oils: A Review*, *Molecules*, 20: 21481-21493.
- Mutmainnah, P, A., Hakim, A., dan Savalas, L, R, T., 2017, *Identifikasi Senyawa Turunan Hasil Fraksinasi Kayu Akar Artocarpus Odoratissimus*, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(2): 26-32.
- Nirwana, A, R., 2020, *Pemisahan Asam-Asam Lemak N-Metilhidroksamik Berbasis Minyak Inti Buah Ketapang Menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi*, Skripsi, Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Mataram.
- Nykulyshyn, I., Pikh, Z., Shevchuk, L., dan Melnyk, S., 2017, *Examining The Epoxidation Process of Soybean Oil by Peracetic Acid*, *Journal of Enterprise Technologies*, 3(6): 21 – 28.
- Octarya, Z. dan Fernando, A., 2016, *Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas Dengan Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Ampas Tebu yang Diaktivasi Dengan NaCl*, *Jurnal Photon*, 6(2): 139-148.
- Oktaviani, N, I., Rahmalial, W., dan Syahbanu, I., 2018, *Karakterisasi Sabun Minyak Biji Ketapang (Terminalia catappa, L.) dengan Penambahan Ekstrak Kesumba (Bixa orellana L.) sebagai Pewarna Alami*, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3): 118-124.
- Oxirane Oxygen, "Official and Recommended Practices of The American Oil Chemist Society", 5th Edn; AOCS press, Champaign, 1.L: AOCS Cd 9-57, 1997.
- Pedersen, D.S., Giovanni, D., dan Ikhsan., 2001, *Dry Column Vacuum Chromatography*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 24(1): 32-34.
- Rahmaniar, 2013, *Minyak Biji Ketapang (Terminalia catappa L) Sebagai Bahan Pelunak Dalam Pembuatan Kompon Karet*, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(1), 49-56.
- Said, Fita, M. S., dan Sugiarti, R, A, 2017, *Sintesis Senyawa Poliol Melalui Reaksi Hidroksiasi Senyawa Epoksi Minyak jagung*, *Jurnal Teknik Kimia*, 3(23): 183-190.
- Saefurohman, A., Sugita, P., dan Achmadi, S, S., 2011, *Epoksida dan Kinetika Minyak Jarak Pagar Sebagai Pemplastis Film Polivinil Klorida*, *Valensi*, 2(3): 420-429.
- Serio, M, D., Turco, R., Pernice, P., Aronne, A., Sannino, F., dan Santacesaria, E, (2012), *Valution of Nb2O5-SiO2 Catalysts in Soybean Oil Epoxidation*, *Catalysis Today*, 192(1), 112-116.
- Silaen, D, S., Herawan, T., Masyithah, Z., dan Ginting, H, A., 2017, *Optimasi sintesis biosurfaktan lauril amida dari asam laurat dan dietanolamina menggunakan pelarut hexane dan enzim lipase terimobilisasi*, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(2), 19-23.
- Silverstein, R, M., Webster, F., dan Kiemle, D, J., 2005, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. Seventh Edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 82-92.
- Silviana, S., Anggoro, D, D., dan Kumoro A, C., 2017, *Waste Cooking Oil Utilisation as Bio-plasticiser through Epoxidation using Inorganic Acids as Homogeneous Catalysts*, *Chemical Engineering Transaction*, 56: 1861-1866.
- Selviany, N., Fajrin, D., Melwita, E., 2015, *Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pada Pembuatan Plastisizer dengan Reaksi Epoksidasi Minyak Limbah Ikan Patin*, *Jurnal Teknik Kimia*, 2(21): 59-63

- Simanjuntak, J. F., 2018, Pembuatan Senyawa Epoksi dari Asam Lemak Sawit Destilat dengan Kristalisasi Menggunakan Katalis Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ), Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara.
- Sinaga, M. S., 2007, Pengaruh Katalis  $H_2O_2$  pada Reaksi Epoksidasi Metil Ester PFAD (Palm Fatty Acid Distillate), *Jurnal Teknologi Proses*, 6(1): 70-74.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3555-1998 Cara Uji Minyak dan Lemak.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1971:2011 Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 7431:2015 Mutu dan Metode Uji Minyak Nabati Murni untuk Bahan Bakar Motor Diesel Putaran Sedang.
- Sudarma, I. M., 2014, Kimia Bahan Alam (Ekstraksi, Isolasi dan Transformasi), Mataram, Universitas Mataram.
- Suroso, A. S., 2013, Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air, *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 3(2): 77-88.
- Tornvall, U., Orellana-Coca, C., Hatti-Kaul, R., dan Adlercreutz, D., 2007, Stability of Immobilized *Candida antarctica* Lipase B during Chemo-Enzymatic Epoxidation of Fatty Acids, *Enzyme and Microbial Technology*, 40(1): 447– 451.
- Ulya, M., dan Agustini., 2012, Pengaruh Suhu Polimerisasi L-Asam Laktat Melalui Metode Ring Opening Polymerization (ROP) Terhadap Karakteristik Polylactic (PLA), *UNESA Journal of Chemistry*, 1(1): 68-74.
- Vleck, T., dan Petrovic, Z. S., 2006, Optimization of the Chemoenzymatic of Soybean Oil, *JAACS*, 83(3): 247-253.
- Wilbraham, C., 1999, Penghantar Kimia Organi, Bandung: ITB. Yang, L., Dai, H., Yi, B., Lin, dan Li, G., 2008, Structure and Properties of Partially Epoxidized Soybean Oil, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 93(3): 875 – 879.