

**SINTESIS ETIL ASETOASETAT DARI ETIL ASETAT DENGAN
MENGUNAKAN KATALIS NATRIUM ETOKSIDA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia



Oleh:

Aina Hafizha Salim

1700444

PROGRAM STUDI KIMIA

DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN

ALAM

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

BANDUNG

2021

**SINTESIS ETIL ASETOASETAT DARI ETIL ASETAT DENGAN
MENGUNAKAN KATALIS NATRIUM ETOKSIDA**

Oleh

Aina Hafizha Salim

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

©Aina Hafizha Salim 2021

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2021

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,

Dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

AINA HAFIZHA SALIM

**SINTESIS ETIL ASETOASETAT DARI ETIL ASETAT DENGAN
MENGUNAKAN KATALIS NATRIUM ETOKSIDA**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Prof. Dr. H. R. Asep Kadarohman, M.Si
NIP. 196305091987031002

Pembimbing II



Prof. Dr. Ratnaningsih Eko Sardjono, M.Si
NIP. 196904191992032002

Mengetahui,
Ketua Departemen Pendidikan Kimia



Dr. Hendrawan, M.Si
NIP. 196310291987031001

ABSTRAK

Etil asetoasetat merupakan bahan parfum yang memiliki bau seperti buah mangga muda. Sintesis etil asetoasetat merupakan reaksi kondensasi Claisen antara dua molekul etil asetat dengan basa kuat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum pembentukan senyawa etil asetoasetat dengan menggunakan katalis natrium etoksida. Sintesis etil asetoasetat dilakukan dengan menggunakan metode refluks dengan penangas minyak. Penelitian ini dilakukan dengan variasi suhu, variasi komposisi etanol terhadap etil asetat dengan perbandingan mol 0,5 : 2; 1 : 2; dan 1,5 : 2. Selain itu juga dilakukan variasi jumlah logam natrium sebanyak 0,05 mol, 0,1 mol, dan 0,15 mol serta variasi waktu reaksi selama 0,5 sampai 4 jam. Analisis hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan instrumen GC (*Gas Chromatography*) dan GC-MS (*Gas Chromatography – Mass Spectrometry*). Hasil penelitian menunjukkan komposisi optimum pereaksi etanol : etil asetat yang ditambahkan untuk sintesis etil asetoasetat yaitu pada perbandingan 1 : 2 mol, pereaksi etanol sebanyak 5,830 mL (0,1 mol) dan etil asetat sebanyak 17,85 mL (0,2 mol), dengan jumlah natrium sebesar 0,1 mol (2,3 gram) pada suhu 82 °C dan waktu reaksi selama 2 jam. Hasil analisis GC menunjukkan konversi produk hasil sebesar 91,55%.

Kata kunci: Etil asetoasetat, kondensasi Claisen, natrium etoksida

ABSTRACT

Ethyl acetoacetate is a perfume ingredient that smells like young mango. The synthesis of ethyl acetoacetate is a Claisen condensation reaction between two molecules of ethyl acetate with a strong base. This study aims to determine the optimum conditions for the formation of ethyl acetoacetate compound using sodium ethoxide as a catalyst. The synthesis of ethyl acetoacetate was carried out using the reflux method with an oil bath. This research was conducted with variations in temperature, composition of ethanol to ethyl acetate with a mole ratio of 0.5: 2; 1:2; and 1.5 : 2. In addition, the amount of sodium metal were carried out as much as 0.05 mol, 0.1 mol, and 0.15 mol as well as variations in reaction time for 0.5 to 4 hours. The analysis of the product was carried out using GC (Gas Chromatography) and GC-MS (Gas Chromatography – Mass Spectrometry) instruments. The results showed that the optimum composition of ethanol: ethyl acetate reagent for the synthesis of ethyl acetoacetate was at a ratio of 0.1: 0.2 mol, the volume of ethanol was 5.830 mL (0.1 mol) and ethyl acetate was 17.85 mL (0, 2 moles), with the amount of sodium 0.1 mol (2.3 grams) at a temperature of 82 °C and a reaction time of 2 hours. The results of the GC analysis showed that the conversion of the product yield was 91.55%.

Keywords: *Ethyl acetoacetate, Claisen condensation, sodium ethoxide*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Etil asetat.....	5
2.2 Natrium	7
2.3 Etanol	7
2.4 Etil asetoasetat	8
2.5 Reaksi Kondensasi Claisen	9
2.6 Refluks	11
2.9 <i>Gas Chromatography</i>	13
2.10 <i>Gas Chromatography – Mass Spectrometer (GC-MS)</i>	14
BAB III.....	17
METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat.....	17
3.2.2 Bahan.....	17

3.3. Bagan Alir Penelitian.....	18
3.4. Prosedur Penelitian	19
3.4.1. Pembuatan larutan asam asetat 50%	19
3.4.2. Pembentukan senyawa etil asetoasetat dengan katalis natrium etoksida .	19
3.4.3. Variabel Suhu Reaksi	20
3.4.4. Variabel Komposisi Pereaksi Etanol : Etil asetat	20
3.4.5. Variabel Jumlah Natrium.....	20
3.4.6. Variabel Waktu Reaksi.....	20
3.4.7. Karakterisasi Etil Asetoasetat.....	21
BAB IV.....	22
TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	22
4. 1 Sintesis Etil Asetoasetat.....	22
4.1.1 Variabel Suhu Reaksi.....	26
4.1.2 Variabel Komposisi Pereaksi Etanol : Etil asetat.....	28
4.1.2 Variabel Jumlah Natrium	29
4.1.3 Variabel Waktu Reaksi.....	31
4.2 Hasil Analisis <i>Gas Chromatography – Mass Spectrometer</i> (GC-MS).....	33
BAB V	36
KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN	42
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 2 Data Ekspor dan Impor Minyak Atsiri, Resinoida, Wewangian serta Kosmetika Indonesia	1
Tabel 2. 1. Sifat fisika etil asetat	6
Tabel 2.2 Sifat fisika dan kimia natrium	7
Tabel 2.3 Sifat fisika dan kimia etil asetoasetat	9
Tabel 4. 1 Data sintesis etil asetoasetat pada variasi suhu reaksi	27
Tabel 4. 2 Data sintesis etil asetoasetat variabel komposisi pereaksi etanol : etil asetat	28
Tabel 4. 3 Data sintesis etil asetoasetat variabel jumlah natrium.....	30
Tabel 4. 4 Data sintesis etil asetoasetat dengan variabel waktu reaksi.....	32
Tabel 4. 5 Komponen senyawa pada sampel hasil sintesis	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kimia etil asetat.....	5
Gambar 2.2 Persamaan reaksi pembentukan etil asetat.....	5
Gambar 2. 3 Struktur resonansi etil asetat.....	6
Gambar 2. 4 Struktur kimia etanol	8
Gambar 2.5 Struktur kimia etil asetoasetat.....	8
Gambar 2.6 Reaksi kondensasi Claisen menggunakan basa kuat	10
Gambar 3. 1 Bagan alir pembentukan senyawa etil asetoasetat dari etil asetat dengan natrium.....	19
Gambar 4. 1 Mekanisme reaksi etil asetat dengan katalis natrium etoksida	23
Gambar 4. 2 Kromatogram standar etil asetoasetat	25
Gambar 4. 3 Kromatogram GC Etil asetoasetat hasil sintesis.....	26
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara suhu reaksi dengan konsentrasi etil asetoasetat ..	27
Gambar 4. 5 Hasil sintesis etil asetoasetat variasi 0,5:2; 1:2 dan 1,5:2 mol etanol : etil asetat.....	29
Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara komposisi pereaksi etanol : etil asetat dengan konsentrasi etil asetoasetat.....	29
Gambar 4. 7 Hasil sintesis etil asetoasetat variasi 0,05, 0,1, dan 0,15 mol natrium.....	30
Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara jumlah natrium dengan konversi etil asetoasetat	31
Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara waktu refluks dengan konversi etil asetoasetat...	32
Gambar 4. 10 Kromatogram komponen senyawa yang terdapat pada sampel hasil sintesis	33
Gambar 4. 11 Spektrum puncak senyawa nomor 3 (A) dan spektrum senyawa Etil asetoasetat (B).....	34
Gambar 4. 12 Pola fragmentasi senyawa etil asetoasetat	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan	42
Lampiran 2 Hasil GC dan GC-MS Sintesis Etil Asetoasetat.....	44
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	61

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, S., & Singh, A. K. (2000). Treatment of the alcohol intoxications: Ethylene glycol, methanol and isopropanol. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*, 9(6), 695–701. <https://doi.org/10.1097/00041552-200011000-00017>
- Agusta, A. (2000). Minyak Atsiri Tumbuhan Tropika Indonesia. Bandung : Penerbit ITB.
- Alhassani, M. H., Al-Jubouri, S. M., Noori, W. O., & Al-Jendeel, H. A. (2018). Esterification reaction kinetics using ion exchange resin catalyst by pseudo-homogenous and Eley-Ridel models. *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, 31(8), 1172–1179. <https://doi.org/10.5829/ije.2018.31.08b.03>
- Allegretti, P. E., Schiavoni, M. M., Di Loreto, H. E., Furlong, J. J. P., & Della Védova, C. O. (2001). Separation of keto - Enol tautomers in β -ketoesters: A gas chromatography - Mass spectrometric study. *Journal of Molecular Structure*, 560(1–3), 327–335. [https://doi.org/10.1016/S0022-2860\(00\)00773-0](https://doi.org/10.1016/S0022-2860(00)00773-0)
- Api, A. M., Belsito, D., Botelho, D., Bruze, M., Burton, G. A., Buschmann, J., Dagli, M. L., Date, M., Dekant, W., Deodhar, C., Francis, M., Fryer, A. D., Jones, L., Joshi, K., La Cava, S., Lapczynski, A., Liebler, D. C., O'Brien, D., Patel, A., ... Tsang, S. (2019). RIFM fragrance ingredient safety assessment, ethyl acetoacetate, CAS Registry Number 141-97-9. *Food and Chemical Toxicology*, 127(August 2018), S165–S171. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.03.016>
- Arita, S., Afrianto, I., & Fitriana, Y. (2008). Yuneka (Susila)-8. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(4), 57–65.
- Badan Pusat Statistik. (2020). Data Ekspor dan Impor Minyak Atsiri, Resinoida, Wewangian serta Kosmetika Indonesia. [Online] diakses pada <https://www.bps.go.id/exim>. [Diakses pada 07 Juli 2021]
- Brenna, E., & Fuganti, C. (2020). Recent Advances in the Synthesis of Fragrances. *European Journal of Organic Chemistry*, 987–1005. <https://doi.org/10.1002/ejoc.202001437>
- Chandran, K., Nithya, R., Sankaran, K., Gopalan, A., & Ganesan, V. (2006). Synthesis and characterization of sodium alkoxides. *Bulletin of Materials Science*, 29(2), 173–179. <https://doi.org/10.1007/BF02704612>
- Chasana, U. N., Retnowati, R., & Suratmo. (2014). Mentol Dan Anhidrida Asetat Dengan Variasi Rasio Mol Reaktan. *Kimia Student Journal*, 1(2), 276--282. <https://doi.org/10.6073/pasta/1af376985d83cd7e01c61b67abfa9f91>
- Cook, W. M., Purchase, R., Ford, G. P., Creasy, D. M., Brantom, P. G., & Gangolli, S. D. (1992). A 28-day feeding study with ethyl acetoacetate in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 30(7), 567–573. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(92\)90190-V](https://doi.org/10.1016/0278-6915(92)90190-V)
- Dawadmi, A.-, & Dawadmi, A.-. (2013). *Gaschromatography / mass spectrometry analysis of degradation of ethylacetoacetate achieved in shake flask culture using a*

previously characterized yeast strain Tichosporon dermatis . 3(1).

- De Silva, E. C. L., Bamunusingha, B. A. N. N., & Gunasekera, M. Y. (2014). Heterogeneous Kinetic Study for Esterification of Acetic Acid with Ethanol. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 47(1), 9. <https://doi.org/10.4038/engineer.v47i1.6855>
- Ditjen POM. (2000). Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat. DepKes RI, Jakarta. Halaman 3-5, 13-17, 30-31.
- Dutia, P. (2004). Ethyl Acetate: A Techno-Commercial Profile. *Chemical Weekly-Bombay-*, 179–186. http://mail.chemicalweekly.com/Profiles/Ethyl_Acetate.pdf
- Endah, R. D., Sperisa, D., & Nur, A. (2007). Pengaruh Kondisi Fermentasi Terhadap Yield Etanol Pada Pembuatan Bioetanol Dari Pati Garut. *GEMA TEKNIK Majalah Ilmiah Teknik*, 10(2), 83-88–88.
- Ferreira, V., Ortega, L., Escudero, A., & Cacho, J. F. (2000). A comparative study of the ability of different solvents and adsorbents to extract aroma compounds from alcoholic beverages. *Journal of Chromatographic Science*, 38(11), 469–476. <https://doi.org/10.1093/chromsci/38.11.469>
- Fessenden, R. J., Fessenden, J. S. (1999). Kimia Organik Jilid I Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fessenden, R. J., Fessenden, J. S. (1981). Organic Chemistry. Jakarta: Erlangga.
- Firdaus. (2012). *Kimia Organik Sintesis I*. Kimia FPMIPA Universitas Hasanuddin.
- Gandjar, I. G., dan Rohman, A. (2007). Kimia Farmasi Analisis. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Gaur, K. (2006). *PROCESS OPTIMIZATION FOR THE PRODUCTION OF ETHANOL VIA FERMENTATION Patiala-147004*. 3040010, 18.
- Halpani, C. G., & Mishra, S. (2020). Lewis acid catalyst system for Claisen-Schmidt reaction under solvent free condition. *Tetrahedron Letters*, 61(31), 152175. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2020.152175>
- Hanlan, J., Skoog, D. A., & West, D. M. (1973). Principles of Instrumental Analysis. In *Studies in Conservation* (Vol. 18, Issue 1). <https://doi.org/10.2307/1505543>
- Hansley, V. L., & Schott, S. (1952). *Production Of Ethyl Acetoacetate* (Patent No. 459,833).
- Hendayana, Sumar. (2006). Kimia Pemisahan. PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Hidayati, B. N., Julianto, T. S., & Rubianto, D. (2016). Studi Perlakuan Reaksi Isomerisasi 3-Carene Menjadi 4-Carene Menggunakan Katalis Natrium-O-Klorotoluena. *Chemical*, 1(2), 10–17. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol1.iss2.art2>
- Hyde, A. M., Zultanski, S. L., Waldman, J. H., Zhong, Y. L., Shevlin, M., & Peng, F. (2017). General Principles and Strategies for Salting-Out Informed by the Hofmeister Series. *Organic Process Research and Development*, 21(9), 1355–1370. <https://doi.org/10.1021/acs.oprd.7b00197>

- Jagadeeswarajah, K., Balaraju, M., Prasad, P. S. S., & Lingaiah, N. (2010). Selective esterification of glycerol to bioadditives over heteropoly tungstate supported on Cs-containing zirconia catalysts. *Applied Catalysis A: General*, 386(1–2), 166–170. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2010.07.046>
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press, Jakarta
- Kusuma, I., Laksmiwati, A., Arsa, M., & Ratnayani, K. (2015). Perbandingan Aktivitas Spesifik Ekstrak Kasar Enzim Bromelin Buah Nanas Yang Diisolasi Dengan Beberapa Jenis Garam Pengendap. *Jurnal Kimia*, 9(2), 139–146.
- Li, Z., Zhao, H., Han, H., Liu, Y., Song, J., Guo, W., Chu, W., & Sun, Z. (2017). Graphene-supported ZnO nanoparticles: An efficient heterogeneous catalyst for the Claisen-Schmidt condensation reaction without additional base. *Tetrahedron Letters*, 58(42), 3984–3988. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2017.09.011>
- Liu, Y., Wang, Y. T., Liu, T., & Tao, D. J. (2014). Facile synthesis of fructose from ethyl acetoacetate and ethylene glycol catalyzed by SO₃H-functionalized Brønsted acidic ionic liquids. *RSC Advances*, 4(43), 22520–22525. <https://doi.org/10.1039/c4ra01708k>
- Malkar, R. S., & Yadav, G. D. (2020). Development of Green and Clean Processes for Perfumes and Flavors Using Heterogeneous Chemical Catalysis. *Current Catalysis*, 9(1), 32–58. <https://doi.org/10.2174/2211544708666190613163523>
- Martunus, & Helwani, Z. (2007). Ekstraksi Dioksin Dalam Limbah Air Buangan Industri Pulp Dan Kertas Dengan Pelarut Toluena. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1), 1–4.
- Mcketta, J. J. (2001). Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Volume 69 (Supplement 1). In *Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Volume 69 (Supplement 1)*. <https://doi.org/10.1201/9781482276152>
- Minarni, E., Armansyah, T., & Hanafiah, M. (2013). DAYA LARVASIDA EKSTRAK ETIL ASETAT DAUN KEMUNING (*Murraya paniculata* (L) Jack) TERHADAP LARVA NYAMUK *Aedes aegypti*. *Jurnal Medika Veterinaria*, 7(1), 27–29. <https://doi.org/10.21157/j.med.vet..v7i1.2915>
- Mukhtarini. (2011). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal of Pharmacy*, 5, 361.
- Nichols, L. (2021). Organic Chemistry Lab Techniques. In *Butte College*. <https://doi.org/10.1021/cen-v056n035.p026>
- Nursanti, Y. I. (2020). *Modul Tema 14: Setiap Hubungan Perlu Chemistry* (Samto, S. Sudarto, M. Listiyanti, S. Paresti, & A. Wulandari (eds.)). Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Parhi, S. S., Rangaiah, G. P., & Jana, A. K. (2019). Optimizing reboiler duty and reflux ratio profiles of vapor recompressed batch distillation. *Separation and Purification Technology*, 213(September 2018), 553–570. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.12.066>
- Putri, L. M. A., Prihandono, T., & Supriadi, B. (2017). Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Laju Kenaikan Suhu Larutan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 6(2), 147–153.

<https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JPF/article/view/4959>

- Rarh, V. (2007). *Organic Synthesis via Enolates*. <https://doi.org/10.1021/cen-v062n006.p018>
- Riddick, J A, Bunger, W. B, & Sakano, T K. (1986). *Organic solvents: physical properties and methods of purification*. Fourth edition. United States.
- Risnandar, A. I., & Prabawati, S. Y. (2020). Sintesis Senyawa Mentil Vanilat dari Vanilin dan Aplikasinya sebagai Parfum. *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 3(2), 61–69. <https://doi.org/10.19109/alkimia.v3i2.3805>
- Rohman, Abdul. (2009). *Kromatografi Untuk Analisis Obat*. Edisi I, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Ronco, N. R., Gagliardi, L. G., & Castells, C. B. (2019). Aqueous-organic biphasic systems: Extraction of organic compounds. In *Liquid-Phase Extraction* (pp. 91–119). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816911-7.00003-7>
- Sádaba, I., Ojeda, M., Mariscal, R., Richards, R., & Granados, M. L. (2011). Mg-Zr mixed oxides for aqueous aldol condensation of furfural with acetone: Effect of preparation method and activation temperature. *Catalysis Today*, 167(1), 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2010.11.059>
- Schaefer, H. C., & Amana, S. (1952). *STAT-ES PATENT OFFICE* ., 2–4.
- Sebayang, F. (2006). Pengujian stabilitas enzim bromelin yang diisolasi dari bonggol nanas serta imobilisasi menggunakan kappa karagenan. *Jurnal Sains Kimia*, 10(1), 20–26.
- Sembiring B. (2007). Teknologi Penyiapan Simplisia Terstandar Tanaman Obat. *Warta Puslitbangbun Vol 13 No 12 Agustus 2007*. Balitro.litbang.depta.go.id [Diakses pada 01 Agustus 2021]
- Setyaningsih, L. W. N., Rizkiyaningrum, U. M., & Andi, R. (2017). PENGARUH KONSENTRASI KATALIS DAN REUSABILITY KATALIS PADA SINTESIS TRIASETIN DENGAN KATALISATIR LEWATIT. *Teknoin*, 23, 56–62.
- Sobolev, V., & Schuurmans, P. (2020). Thermophysical Properties of Liquid Metal Coolants: Na, Pb, Pb–Bi(e). In *Comprehensive Nuclear Materials* (Issue February 2015). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.00682-2>
- Supaya. (2019). Refdes Kombinasi Alat Refluks dan Distilasi, Upaya Efisiensi Proses Refluks dan Distilasi untuk Praktikum Kimia Organik. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(1), 41–46.
- Suyanti, R. K., & Sugiyarto. (2010). Kimia Anorganik Logam. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Tanabe, Y., Hamasaki, R., & Funakoshi, S. (2001). Powerful Claisen condensation and Claisen–aldol tandem reaction of α,α -dialkylated esters promoted by $ZrCl_4$ – iPr_2NEt . *Chemical Communications*, 1(17), 1674–1675. <https://doi.org/10.1039/b104185c>

- Watson, D. G. (2005). Analisis Farmasi Edisi Kedua. Jakarta: EGC Penerbit Buku Kedokteran.
- Wilson I D., Michael C, Colin F. P, Edward R.A. (2000). Encyclopedia of Separation Science. Academic Press. 118 - 119.
- Yadav, G. D., & Yadav, A. R. (2012). Insight into esterification of eugenol to eugenol benzoate using a solid super acidic modified zirconia catalyst UDCaT-5. *Chemical Engineering Journal*, 192, 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.03.064>