



TUGAS AKHIR

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS KATALIS $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$ PADA REAKSI TRIMETILHIDROKUINON DAN ISOFITOL

INDRI SETIA RAHAYU
NRP. 1412 100 013

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. rer. nat. Irmina Kris Murwani

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



FINAL PROJECT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND ACTIVITY OF CATALYST $Mg_{1-x}Zn_xF_{0.66}(OH)_{1.34}$ ON TRIMETHYLHYDROQUINONE AND ISOPHYTOL REACTION

INDRI SETIA RAHAYU
NRP 1412 100 013

Advisor Lecturer
Prof. Dr. rer. nat. Irmina Kris Murwani

CHEMISTRY DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURALSCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS KATALIS
 $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$ PADA REAKSI
TRIMETILHIDROKUINON DAN ISOFITOL**

TUGAS AKHIR

Disusununtuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Program Studi S-1
Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

INDRI SETIA RAHAYU
NRP. 1412 100 013

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS KATALIS $Mg_{1-x}Zn_xF_{0.66}(OH)_{1.24}$ PADA REAKSI TRIMETILHIDROKUINON DAN ISOPIROL

TUGAS AKHIR

Oleh:

INDRI SETIA RAHAYU
NRP 1412 100 013

Surabaya, 24 Mei 2016
Dosen Pembimbing,


Prof. Dr. rer. nat. Irminta Kris Murwani
NIP. 19641224 198903 2 002

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Didi Prasetyoko, M.Sc
NIP. 19710616 199703 1 002

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS KATALIS $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$ PADA REAKSI TRIMETILHIDROKUINON DAN ISOFITOL

Nama : Indri Setia Rahayu
NRP : 1412100013
Jurusan : Kimia ITS
Pembimbing : Prof. Dr. rer. nat Irmina Kris Murwani

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis katalis $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$. Struktur Kristal dikarakterisasi dengan Difraksi Sinar-X (XRD), ikatan yang ada pada katalis ditentukan dengan analisis FTIR, keasaman katalis ditentukan dengan piridin-FTIR serta luas permukaan spesifik (S_{BET}) diukur dengan adsorpsi gas nitrogen. Reaksi katalisis dilakukan pada reaksi antara trimetilhidrokuinon dan isofitol. Hasil XRD menunjukkan katalis $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$ bersifat amorf. Katalis hasil sintesis memiliki sisi asam Lewis dan sisi asam Brønsted. Katalis paling aktif $Mg_{0,7}Zn_{0,1}F_{0,66}(OH)_{1,34}$ yang memiliki konversi TMHQ tertinggi sebesar 81,08% dengan yield benzofuran masing-masing sebesar 47,53. Selektivitas benzofuran tertinggi dimiliki oleh $Mg_{0,9}Zn_{0,1}F_{0,66}(OH)_{1,34}$ yaitu 70,32%. Aktivitas katalis dipengaruhi oleh sisi keasaman Lewis, sedangkan selektivitas benzofuran dipengaruhi oleh sisi keasaman Brønsted.

Kata kunci: *Doping*, α -tokoferol, Benzofuran, Keasaman Katalis, $MgF(OH)$, $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND ACTIVITY OF CATALYST $Mg_{1-x}Zn_xF_{0.66}(OH)_{1.34}$ ON TRIMETHYLHYDROQUINONE AND ISOPHYTOL REACTION

Name : Indri Setia Rahayu
NRP : 1412 100 013
Department : Chemistry ITS
Supervisor : Prof. Dr.rer.nat Irmina Kris Murwani

ABSTRACT

Synthesis catalyst $Mg_{1-x}Zn_xF_{0.66}(OH)_{1.34}$ have been investigated. Analysis of catalyst used FTIR to help clarify whether OH⁻ is present in the network, X-ray diffraction (XRD) to determine the crystal structure of the catalyst, pyridine-FTIR to determine the acidity both Lewis acidity and Brønsted acidity and nitrogen adsorption to determine the specific surface area (S_{BET}) of the catalyst. Result of XRD showed catalyst $Mg_{1-x}Zn_xF_{0.66}(OH)_{1.34}$ have a amorphous structure. Catalyst acidity showed Lewis acidity and Brønsted acidity. The results of catalytic testing were obtained by $Mg_{0.9}Zn_{0.1}F_{0.66}(OH)_{1.34}$ catalyst with conversion yield the highest benzofuran is 81.08% and 47.53%, respectively. The highest selectivity were obtained by $Mg_{0.925}Zn_{0.075}F_{0.66}(OH)_{1.34}$ is 70.32%, respectively. Activity of catalyst influenced by Lewis Acidity and benzofuran selectivity influenced by Brønsted Acidity.

Keyword: dopped, α -toxoferol, Benzofuran Acidity of Catalyst, MgF(OH), $Mg_{1-x}Zn_xF_{0.66}(OH)_{1.34}$

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Rancangan Tugas Akhir berjudul “Sintesis, karakterisasi dan aktivitas katalis $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$ pada reaksi antara trimetilhidrokuinon dan isofitol” dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Prof. Dr. rer. nat. Irmina Kris Murwani selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah RTA ini.
2. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Suprapto, Msi., Ph.D., selaku dosen wali atas pengarahannya dalam pengambilan mata kuliah.
4. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga naskah ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca .

Surabaya, 13 Mei 2016

Penulis

*Terima kasih atas dukungan Bu Irmina sebagai dosen
pembimbing saya
Kedua orang tua saya
Teman- teman Spektra tercinta dan HUTASIRIN
Serta semua pihak yang membantu terselesaikannya naskah Tugas
Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung*

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai pergeseran 2θ katalis $Mg_{1x}Zn_xF_{0,67}(OH)_{1,34}$41

Tabel 4.2 Luas permukaan katalis.....43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Katalis adalah senyawa yang dapat menurunkan energi aktivasi dan mempercepat laju reaksi kimia tanpa terlibat dalam reaksi secara permanen, sehingga pada akhir reaksi katalis tidak tergabung dengan senyawa produk reaksi (Augustine, 1996). Dalam industri lebih dari 75% proses produksi bahan kimia disintesis dengan bantuan katalis. Oleh karena itu, sintesis katalis baik organik maupun anorganik perlu dikembangkan dan dimodifikasi, sehingga kegunaannya dapat ditingkatkan dan efek samping terhadap lingkungan dapat dikurangi seminimal mungkin. Kegunaan katalis pada proses produksi adalah menghasilkan produk yang diinginkan lebih dominan dari pada produk samping. Hal ini menunjukkan bahwa katalis memiliki selektivitas untuk reaksi kimia yang dapat diartikan bahwa katalis juga meningkatkan *yield*/hasil reaksi (Rutjes, 2009).

Ada dua jenis katalis, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen seperti H_2SO_4 , HCl , ZnCl_2/HCl , BF_3 , AlCl_3 dan $\text{FeCl}_2/\text{Fe}/\text{HCl}$. Katalis homogen bersifat toksik, korosif. Pemanfaatan katalis homogen ini memerlukan penanganan tambahan untuk pemisahan katalis, menghasilkan limbah dalam jumlah besar, dan juga menyebabkan kesulitan dalam pemurnian produk (Lien, 2012). Pengembangan proses yang lebih ramah lingkungan, reaksi menggunakan katalis heterogen lebih disukai dalam hal kemudahan penanganan, perlakuan produk yang lebih sederhana, dapat didaur ulang dan dapat menghasilkan *yield* yang jauh lebih besar dari pada katalis asam homogen (Lien, 2012). Reaksi antara trimetilhidrokuinon (TMHQ) dan isofitol dapat berlangsung dengan adanya bantuan dari katalis asam. Banyak literatur yang melaporkan penggunaan beberapa macam katalis asam heterogen pada reaksi antara trimetilhidrokuinon dan isofitol seperti *microencapsulated scandium tris-triflate* ($\text{MC-Sc}(\text{OTf})_3$) (Schager dan Bonrath, 2000), Nafion/ SiO_2 (Laufer

dkk., 2005), katalis logam tanah jarang triflate seperti $\text{Bi}(\text{OTf})_3$, $\text{Ga}(\text{OTf})_3$, $\text{Tm}(\text{OTf})_3$, $\text{Hf}(\text{OTf})_4$ dan $\text{Gd}(\text{OTf})_3$ (Bonrath dkk., 2007a), namun katalis ini sulit didapat serta harganya cukup mahal. Selain itu, jumlah katalis ini terbatas sehingga belum dapat mencukupi kebutuhan industri. Oleh karena itu, perlu diteliti katalis heterogen yang sifat keasamannya tinggi sehingga dapat menaikkan jumlah produk yang dihasilkan. Keasaman katalis berasal dari sisi asam Lewis dan sisi asam Brønsted atau kombinasi dari keasaman Lewis dan Brønsted. Sisi asam Lewis dibentuk dengan koordinasi dengan sisi Mg^{2+} pada permukaan. Golongan magnesium hidroksida pada magnesium fluorida memiliki sifat asam murni dan sangat aktif pada reaksi yang memerlukan sisi asam (Wuttke, 2008).

Wuttke dkk. (2008) melaporkan bahwa sintesis katalis MgF_2 menghasilkan katalis dengan keasaman Lewis medium.

1.2 Permasalahan

Katalis MgF_2 tidak sesuai untuk beberapa reaksi karena dibutuhkan keasaman Brønsted untuk reaksi tersebut. Candu dkk. (2008) melaporkan bahwa katalis dapat mempengaruhi selektivitas produk pada reaksi antara TMHQ dan isofitol. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan sintesis katalis yang merupakan turunan dari MgF_2 yang mempunyai asam Brønsted yaitu $\text{MgF}_{0.66}(\text{OH})_{1.34}$. Adanya OH dapat meningkatkan keasaman Brønsted dari katalis.

Menurut Candu dkk. (2011), pada reaksi antara TMHQ dan isofitol diperlukan juga sifat keasaman Lewis, sehingga pada penelitian ini dilakukan *doping* Zn agar keasaman Lewis juga meningkat. Murwani dkk. (2008) melaporkan bahwa *doping* dalam suatu katalis dapat meningkatkan selektivitas terhadap produk. Jumlah konsentrasi *doping* sangat berpengaruh terhadap aktivitas (Murthy dkk., 2004). Oleh karena itu, pada penelitian ini diamati pengaruh variasi konsentrasi *doping* pada aktivitas katalis dalam reaksi antara TMHQ dan isofitol.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan katalis $Mg_{1-x}Zn_xF_{0.66}(OH)_{1.34}$ dengan variasi banyaknya konsentrasi Zn yang *didoping* dan mengetahui kinerjanya pada reaksi antara TMHQ dan isofitol.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk berupa katalis heterogen dan aplikasinya pada reaksi antara TMHQ dan isofitol

BAB V KESIMPULAN

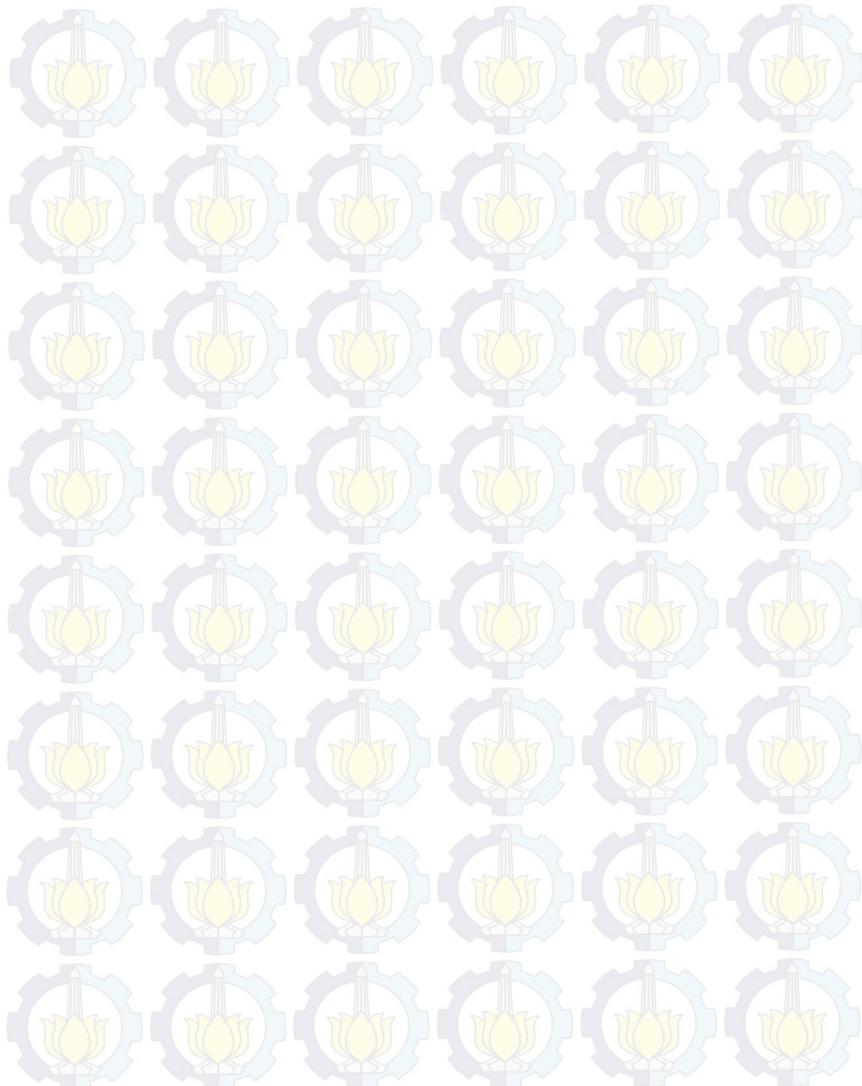
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa katalis $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$ dengan nilai $x = 0; 0,025; 0,05; 0,075; 0,1$ dan $0,15$ mol, dapat digunakan sebagai katalis untuk sintesis benzofuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis yang memiliki konversi dan *yield* benzofuran tertinggi adalah $Mg_{0,9}Zn_{0,1}F_{0,66}(OH)_{1,34}$ dengan nilai masing-masing adalah 81,08%, dan 47,53%. Selektivitas benzofuran tertinggi dimiliki oleh $Mg_{0,925}Zn_{0,075}F_{0,66}(OH)_{1,34}$ yaitu 70,32%. Aktivitas katalis $Mg_{1-x}Zn_xF_{0,66}(OH)_{1,34}$ dipengaruhi oleh keasaman Lewis. Keasaman katalis baik Lewis maupun Brønsted berpengaruh pada selektivitas terhadap Benzofuran.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu optimasi komposisi F dan OH agar diperoleh hasil katalisis yang lebih baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, Arthur W. (1990). "Physical Chemistry of Surface Fifth Edition". Department of Chemistry, California.
- Augustine R. L. (1996). "Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemist". Marcel Dekker Inc., New York.
- Atadashi I. M., Arouna M. K., Abdul Aziz A. R. and Sulaiman N. M. N. (2013). "The Effect of Catalyst in Biodiesel Production". A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol. **19**, hal. 14-26
- Bonrath W., Dittel C., Giraudi L., Netscher T. dan Pabst T. (2007a). "Rare Earth Triflate Catalysts in the Synthesis of Vitamin E and its Derivatives". *Catalysis Today*. (4.2) Vol. **121**, hal. 65–70.
- Bonrath W., Eggersdorfer M. dan Netscher T. (2007b). "Catalysis in the Industrial Preparation of Vitamins and Nutraceuticals". *Catalysis Today*. Vol. **121**, hal. 45–57.
- Bonrath W. dan Netscher T. (2005). "Catalytic Processes in Vitamins Synthesis and Production". *Applied Catalysis A: General*. Vol. **280**, hal. 55–73.
- Campanati M., Fornasari G. and Vaccari A. (2003). "Fundamentals in the Preparation of Heterogeneous Catalysts". *Catalysis Today*. Vol. **77**, hal. 299–314.
- Candu N., Wuttke S., Kemnitz E., Coman S. M. dan Parvulescu V. I. (2011). Friedel–Crafts Alkylation on Nanoscopic

“Inorganic Fluorides”. *Applied Catalysis A: General*. Vol. **391**, hal. 169–174.

Carey F. A. (2000). “Organic Chemistry”. Fourth Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America.

Chen, W-H., Ko, H-H., Sakthivel, A., Huang, S-J., Liu, S-H., Lo, A., Tsai, T-C. dan Liu, S-B., (2006). “A Solid-State NMR, FT-IR and TPD Study on Acid Properties of Sulfated and Metal-Promoted Zirconia”. Influence of Promoter and Sulfation Treatment

Chen, P. K., Lee, G. J., Davies, S. H., Mastenb, S. J., Amutha, R. dan Wu, J. J., (2013). “Hydrothermal synthesis of coral-like Au/ZnO catalyst and photocatalytic degradation of Orange II dye”. Materials Research Bulletin. Vol. **48**, hal. 2375–2382.

Cotton., Wilkinson. (1989). “Kimia Anorganik Dasar”. Jakarta : UI-Press.

Cox P. A. (2004). “Inorganic Chemistry. 2nd Edition”. BIOS Scientific Publishers, United Kingdom.

Cullity, B.D. (1956). “*Elements of X Ray Diffraction*”. Addison-Wesley Publishing Company Inc. United State of America.

Day, R.A. dan Underwood, A. I. (1986). “Quantitative Analysis. 5th ed”. Prentice hall.

Eitenmiller R. R. dan Lee J. (2004). “Vitamin E: Food Chemistry, Composition, and Analysis”. Marcel Dekker Inc., New York.

- El-Shobaki, Shouman, M. A., & El-Khouly, S. M. (2003). "Effect of Silver Oxide *Doping* on Surface and Catalitic Properties of Co₃O₄/Al₂O₃ System". *Material Letters*. Vol. **58**, hal. 184-190.
- Ertl G. dan Knözinger H. (1991). "Handbook of Heterogeneous Catalysis". John Wiley-VCH, New York.
- Galal S. A., Abd El-All A. S., Abdallah M. M. and El-Diwani H. I. (2009) "Synthesis of potent antitumor and antiviral benzofuran derivatives". *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. Vol. **19**, hal. 2420–2428.
- Gates B. C. (1992). "Catalytic Chemistry. Wiley Series in Chemical Engineering". John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Goncalves V.L.C, P. B. (2008). "Acetylation of glycerol catalyzed by different solid acids". *Catalysis Today*. Vol.**133** , hal. 481-484.
- Haber, J., Witko. (1995). "Quantum-chemical modelling of hydrocarbon oxidation on vanadium-based catalysts". Vol. **23**, Issue 4, 7 April 1995, hal. 311–316
- Hanna, Adly A., Sahar M. A. Mousa, Marwa A. Sherief, Gehan M. Elkomy, (2010), "Sol – Gel Preparation, Characterization and Electrical Properties of Nanosized Gallium Doped Zinc-Oxide", *Journal of American Science*, Vol. 6 (10), hal. 295 – 300
- Hariyatmi (2004). "Kemampuan Vitamin E sebagai Antioksidan terhadap Radikal Bebas pada Lanjut Usia". Jur. Pendidik. Biol. Fkip Ums.Vol. **14**, hal. 52–60.

Hillan J. (2006). "Facts about Vitamin E. Department of Family, Youth and Community Sciences, Florida Cooperative Extension Service". Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida

Hinze, R., Laufer, M.C., Hölderich, W.F., Bonrath, W. dan Netscher, T. (2009). "The Use of Nafion/Silica Composite Catalysts for Synthesis of Fine Chemicals". *Catalysis Today*, Vol. **140**, hal. 105–111.

Huheey James E. (1983). "Inorganic Chemistry Third edition". New York : Hard Publishers.

Jacobs W. P. J. H., Demuth D. G., Schunk S. A. dan Schüth F. (1997). "Orientation of the Acidity Probes Benzene, Acetonitrile and Pyridine in SAPO-5 and GaAPO-5 Molecular Sieves : an FTIR Microscopy Study". *Microporous Materials*. Vol. **10**, hal. 95–109.

Jensen, W.B. (1980). "*The Lewis Acid-Base Concepts: An Overview*". John Wiley & Sons Inc., New York.

Jung C.R., Kundu A., Nam S.w dan Lee H.-I (2007). "Doping Effect of precious metal on the activity of CuO-CeO₂ Catalyst for selective oxidation of CO". *Applied Catalysis A : General*. Vol. 331. Hal. 112-120

Kazufumi, N., Dalin, Li., Yingying, Zhan., Tetsuya, S. (2008). "Superior catalytic behavior of trace Pt-doped Ni/Mg(Al)O in methane reforming under daily start-up and shut-down operation".

Kemnitz E., Zhu Y. dan Adamczyk B. (2002). "Enhanced Lewis Acidity by Aliovalent Cation Doping in Metal Fluorides". *Journal of Fluorine Chemistry*. Vol. **114**, hal. 163–170.

Khopkar S. M. (2007). "Konsep Dasar Kimia Analitik". Universitas Indonesia Press, Jakarta.

KokuboK., Harada K., Mochizuki E. Dan Oshima T. (2010). "New approad to benzofuran synthesis : Lewis acid mediated cycloaddition of benzoquinon with stilbene oxide". *Tetrahedron Letter*. Vol. **51**. Hal. 955-958

Layman K. A., Ivey M. M. dan Hemminger J. C. (2003). "Pyridine Adsorption and Acid/Base Complex Formation on Ultrathin Films of γ -Al₂O₃ on NiAl(100)". *J Phys Chem B*. **107**, 8538–8546.

Laurence, B., Fabienne, T., Laurence, M., Thomas, Z., Charles, M. (2010). "Influence of the Extracted Solute on the Agregation of Malonamide Extractant in Organic Phases :Consequence of Phase Stability". hal. 1336-133

Lee J., Ye L., Landen Jr. W.O dan Eitenmiller R.R (1997). "Optimization of an extraction procedur for the quantificationom of vitamin E in tomato and broccoli using response surface methodology". *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. **13**, hal. 45-57

Leonardo N. Silva, V. L. (2010). "Catalytic acetylation of glycerol with acetic anhydride". *Catalysis Communications*. Vol. **11**, hal. 1036-1039.

Lien, N., Tung, N., Khoa, N., Nam, P. 2012. "*MOF 199 as an Efficient heterogenous catalyst for the Aza-Michael Reaction*". Hal. 44-52

Li, Z., (2005), "Novel Solid Base Catalysts for Michael Additions ; Synthesis, Characterization and Application, Disertasi". Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.

Liu Q., Wang L., Wang C., Qu W., Tian Z., Ma H., Wang D., Wang B., Xu Z. (2013). “The Effect of Lanthanum Doping on Activity of Zn-Al Spinel from Transesterification”. *Applied Catalysis B : Environmental* Vol. **136-137**, hal. 210-217

Manku G. S. (1989). “Principles of Inorganic Chemistry”. New Delhi University Publishing, New Delhi.

Meng M., Guo. Li. -H., Zou Z. -Q., Zha Y. -Q. (2009). “Synthesis and Characterisation of CuO/Ce_{1-x}Ti_xO₂ Catalyst use for lowtemperature CO Oxidation”. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. **163**, hal 835-842

Mikhail R. S. dan Robens E. (1983). “Microstructure and Thermal Analysis of Solid Surfaces”. John Wiley & Sons. Inc., Egypt.

Murthy K. J., Gross U., Rüdiger S. dan Kemnitz E. (2004a). FeF₃/MgF₂: “Novel Lewis acidic Catalyst Systems”. *Applied Catalysis A: General*. Vol. **278**, hal. 133–138.

Murthy K. J., Groß U., Rüdiger S., Ünveren E. dan Kemnitz E. (2004b). “Mixed Metal Fluorides as Doped Lewis Acidic Catalyst Systems: a Comparative Study Involving Novel High Surface Area Metal Fluorides”. *Journal of Fluorine Chemistry*. Vol. **125**, hal. 937–949.

Murwani I. K., Scheurell K. dan Kemnitz E. (2008). “Liquid Phase Oxidation of Ethylbenzene on Pure and Metal Doped HS-AlF₃”. *Catalysis Communications*. Vol. **10**, hal. 227–231.

Nguyen T. L., Nguyen T. T., Nguyen D. K., Phan T. S. (2012).

“Metal Organic Framework MOF 199 as an Efficient Heterogeneous Catalyst for the Aza-Michael Reaction”. *Applied Catalyst*. Vol. **425**. Hal. 44-52

Pavia D. L., Lampman G. M. dan Kriz G. S. (2001). “Introduction to Spectroscopy - Guide for Students of Organic Chemistry. Third Edition”. Thomson Learning, Inc., United States.

Perego C. dan Villa P. (1997). “Catalyst Preparation Methods”. *Catalysis Today*. Vol **34**, hal. 281–305.

Prescott H. A., Li Z. J., Kemnitz E., Jens D., Lieske H. (2005). “New Magnesium Oxide Fluoride with Hydroxy Group as Catalyst for Michael Additions”. *Journal of Material Chemistry*. Vol. **15**, hal. 4616-4628

Poedjiadi, A. (2006). “Dasar-dasar Biokimia Edisi Revisi”. Jakarta: UI- press.

Rayalu S. S., Udhoji J. S. and Meshram S. U. (2005). “Estimation of Crystallinity in flyash-based Zeolite-A using XRD and IR Spectroscopy”. *Current Science*. Vol. **89**, hal. 2147–2151

Richardson J. T. (1989). “Principles of Catalyst Development”. Plenum Press, New York.

Rüdiger, S., Groß, U., Kemnitz, E. (2007). “Non-Aqueous Sol-Gel Synthesis of Nano-Structured Metal Fluorides”. *Journal of Fluorine Chemistry*, Vol. 128, hal. 353–368.

- Rutjes F. P. J. T., Feringa B. L., Kapteijn F., Meijer E. W. dan Reek J. N. H. (2009). "Future Perspective in Catalysis. In Netherlands".
- Saito T. (1996). "Inorganic Chemistry". Iwanami Shoten Publisher, Tokyo.
- Sakka, S. (2013). "Sol-Gel Process and Applications". *Handbook of Advanced Ceramics*, hal. 883.
- Sapkal S. B., Shelke K. F., Shingate B. B. dan Shingare M. S. (2010). "An efficient Synthesis of Benzofuran Derivatives Under Conventional/Non-conventional Method". *Chinese Chemical Letters*. Vol. **21**, hal. 1439–1442.
- Schager F. dan Bonrath W. (2000). "Synthesis of d,l- α -tocopherol Using microencapsulated Catalysts". *Applied Catalysis A: General*. Vol. **202**, hal. 117–120.
- Scholz G., Stosiek C., Feist M., Kemnitz E., (2012). "Magnesium Hydroxide Fluoride – New Material with Adjustable Composition and Properties". *Europe Journal Inorganic Chemistry* Vol. **2012**, hal. 2337-2340
- Sibilia P. (1996). "Guide to Material Characterization and Chemical Analysis". Second Edition., John Wiley-VCH, New York.
- Sing K. S. W., Gregg S. J. (1982). "Adsorpsi surface and porosity 2nd edition". Academic Press. London

- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J. dan Crouch, S.R., (2004). “Fundamentals of Analytical Chemistry, Eighth Edition”. Thomson Brook. Australia.
- Smallman, R.E., Bishop, R.J. (1999). “Metallurgy Fisik Modern dan Rekayasa material”. Erlangga. Jakarta
- Susetyo (1987). “Kimia Anorganik”. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Telleria A., Hemmam F., Jäger C., Arias P. L., Kemnitz E. (2013). “Functionalized Partially Hydroxylated MgF₂ as Catalyst for the Dehydration of d-xylose to Furfural”. *Journal of Catalyst*. Vol. 305, hal. 81-91
- Thiele, J.J. dan Ekanayake. (2007). “Farmasi Klinik”. *Cosmetic. Dermatology*, Products and. Procedures. USA: Wiley-Blackwell
- Troncea, S., Wuttke, S., Kemnitz, E., Coman, S., Parvulescu, V. (2011). “Hydroxylated Magnesium Fluorides as Environmentally Friendly Catalyst for Glycerol Acetylation”. Hal. 260-267
- Usboko Y. M dan Murwani I. K. (2011). “Pengaruh berbagai Konsentrasi Loading ZnO pada ZnO/MgF₂”. *Seminar Nasional Kimia Jurusan Kimia ITS*.
- Wang H. dan Xu B.-Q. (2004). “Catalytic Performance of Nafion/SiO₂ Nanocomposites for the Synthesis of α-tocopherol”. *Applied Catalysis A: General*. Vol. 275, hal. 247–255.

Weller, M.T. 1994. "Inorganic Material Chemistry". New York: Oxford University Press.

Whyman R. (1994). "Applied Organometallic Chemistry and Catalyst". Oxford University Press, New York.

Wojciechowska, A., Czajka, B., Pietrowski, M., Zieliński, M., (2000). "MgF₂ as A Non-Conventional Catalytic Support. Surface and Structure Characterization". *Catalysis Letters*, Vol. **66**, hal. 147–153.

Wutkke, S., Simona C., Gudrun., Kirmse, Alexandre, V., Maro, Daturi., Kemnitz. (2008). "Novel Sol- Gel Synthesis of Acidic MgF_{2-x}(OH)_x Materials". Hal. 11488-11499.

Xiaoyuan Liao, Y. Z.-G. (2010). "Theoretical elucidation of acetylating glycerol with acetic acid and acetic anhydride". *Applied Catalysis B: Environmental* , hal. 64-70.

Xu J. C., Shi Y. L., Wang B. and Li H. L. (2004). "Doping Metal Ion only onto the Catalyst Surface". *Journal of Molecular Catalyst A: Chemical*. Vol. **219**, hal. 351-355.

Zaki M. I., Hasan M. A., Al-Sagheer F. A. dan Pasupulety L. (2001). "In situ FTIR Spectra of Pyridine Adsorbed on SiO₂-Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂ and CeO₂: General Considerations for the Identification of Acid Sites on Surfaces of Finely Divided Metal Oxides". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Vol. **190**, hal. 261–274.

Zing J.-M. (2007). "Vitamin E : An overview of major research direction". *Molecular Aspect of Medicine*. Vol. **28**, hal. 400-422

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 28 Oktober 1993, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Harapan Surabaya (1999-2000), SD Negeri Kaliasin V Surabaya (2000-2006), SMP Negeri 1 Gempol (2006-2009), SMA Negeri 1 Pandaan (2009-2012). Penulis diterima di jurusan Kimia FMIPA-ITS Surabaya melalui

jalur SNMPTN undangan tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 1412100013. Di jurusan Kimia ini, penulis mengambil bidang Kimia Material dan Energi dibawah bimbingan Prof. Dr. rer. Nat Irmina Kris Murwani. Penulis sempat aktif dalam Himpunan Mahasiswa Kimia sebagai staf departmen Sosial periode 2013/2014. Penulis dapat dihubungi melalui email indri.setia.rahayu@gmail.com.