

Sintesis dan Karakterisasi Hidrotalsit Mg/Al dengan Metode Kopresipitasi Hidrotermal untuk Reaksi Kondensasi Aldol

Sri Handayani, CahyoriniKusumawardani, Kun Sri Budiasih
Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY
handayani137uny@yahoo.com

Abstrak

Katalis terbagi menjadi dua yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis yang sekarang sedang dikembangkan adalah katalis heterogen karena mudah dipisahkan dan dapat digunakan kembali. Tujuan penelitian ini adalah sintesis dan karakterisasi Hidrotalsit Mg/Al sebagai salah satu katalis heterogen yang dapat digunakan dalam reaksi kondensasi aldol. Cara yang digunakan untuk sintesis Hidrotalsit adalah metode kopresipitasi hidrotermal. Sintesis dilakukan dengan variasi mol Mg//Al pada suhu hidrotermal 100⁰C selama 15 jam. Preparasi Hidrotalsit sebagai katalis heterogen dilakukan dengan cara kalsinasi pada suhu 400⁰C. Karakterisasi dilakukan menggunakan FTIR untuk analisis gugus fungsional serta XRD untuk melihat strukturnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum sintesis Hidrotalsit diperoleh pada perbandingan mol Mg/Al sebesar 3:1.

Kata kunci: hidrotalsit, kopresipitasi, katalisheterogen

Abstract

Catalystis divided into two kinds, homogeneous and heterogeneous catalysts. The catalystis now being developed as a heterogeneous catalyst because could be separated easily and reuseable. The purpose of this research were the synthesis and characterization of hydrotalcite Mg/Al as a heterogeneous catalyst which can be used in the aldol condensation reaction. Synthesis hydrotalcite was conducted by hydrothermal coprecipitation method. Synthesis performed with Mg/Al mol ratio variation at a temperature hydrothermal 100⁰C for 15 hours. Hydrotalcite as a heterogeneous catalyst preparation was done by calcination at 400⁰C. Characterization of synthesized hydrotalcite was performed by FTIR to identified functional group and XRD analysis to characterized its structure. The results showed that the optimum conditions for the synthesized hydrotalcite was obtained at mole ratio Mg/Al 3:1.

Keywords: hydrotalcite, coprecipitation, heterogeneous catalysts

PENDAHULUAN

Hidrotalsit telah banyak diaplikasikan sebagai katalis dalam proses katalitik heterogen karena memiliki beberapa kelebihan antara lain memiliki luas permukaan

tinggi, mudah dipreparasi dan murah, mudah dipisahkan dari produk hasil reaksi, meminimalkan limbah hasil reaksi dan memungkinkan untuk diregenerasi (Cavani *et al.*, 2001). Karakter tersebut membuat material hidrotalsit cukup menjanjikan untuk aplikasi komersial. Beberapa modifikasi hidrotalsit terbukti menunjukkan aktivitas katalis pada reaksi kondensasi aldol beberapa aldehid dan keton (Koteswara *et al.*, 1998; Roelofs *et al.* 2000; Suzuki dan Ono, 2004), isomerisasi olefin, pertukaran halida nukleofilik (Suzuki *et al.*, 2003), alkilasi diketon (Cativiela *et al.*, 2004), epoksidasi olefin dengan hidrogen peroksida dan kondensasi Claisen-Schmidt (Climent *et al.*, 2005).

Hidrotalsit merupakan lempung anionik yang strukturnya diturunkan dari struktur *brucite*. Formula umum Hidrotalsit sebagai lempung anionik adalah $[M_{1-x}^{2+}M_x^{3+}(OH)_2]^{b-}[A^{n-}]_{b/n} \cdot mH_2O$. Material hidrotalsit yang biasa digunakan sebagai katalis pada reaksi kondensasi aldol yaitu Mg/Al hidrotalsit (rasio mol Mg/Al pada kisaran 2,1 – 3,6) dengan anion karbonat dan nitrat pada ruang antar lapisan.

Sebagian besar katalis hidrotalsit dipreparasi dengan metode ko-presipitasi, dengan berbagai modifikasi metode ko-presipitasi yang dilakukan antara lain melibatkan proses titrasi (Negron *et al.*, 2003), presipitasi pada larutan jenuh (*high supersaturation*) (Kustrowski *et al.*, 2005) ataupun encer (*low supersaturation*) dan metode presipitasi melalui peningkatan pH. Metode titrasi merupakan metode yang paling mudah dan sederhana, tetapi pertukaran kation pada hidrotalsit hasil preparasi sulit dilakukan karena anion yang sangat penuh pada ruang antar lapis. Metode presipitasi pada larutan encer dapat menghasilkan material dengan kristalinitas yang lebih tinggi daripada pada larutan jenuh karena laju pertumbuhan kristal lebih tinggi dibandingkan laju nukleasi sehingga partikel dengan ukuran kecil dapat segera terbentuk. Luas permukaan katalis yang tinggi diperoleh dari partikel berukuran kecil, sehingga metode ini lebih dipilih sebagai metode preparasi katalis meskipun belum banyak dilakukan.

Penggunaan katalis Mg/Al hidrotalsit pada reaksi kondensasi aldol silang antara aseton dan sinamaldehida diharapkan dapat meningkatkan hasil reaksi (Perez *et al.*, 2004). Rao (1998) juga telah menguji aktivitas katalis hidrotalsit untuk reaksi kondensasi aldol dari benzaldehid dan aseton, dengan rasio Mg/Al=3. Aldolisasi banyak dipengaruhi oleh situs OH⁻, sebagaimana diasumsikan dalam mekanisme reaksi organik.

Selain aktivitas dan selektivitas katalitik yang tinggi pada reaksi tersebut, regenerasi material katalis setelah digunakan dan reproduksibilitas katalis juga

merupakan faktor penting untuk dapat diaplikasikan lebih luas dan komersial. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang metode preparasi dan karakterisasi material hidrotalsit untuk aplikasi katalis reaksi kondensasi aldol tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka tujuan riset ini adalah mengembangkan metode kopresipitasi hidrotermal untuk mempersiapkan katalis hidrotalsit Mg-Al $\text{NO}_3\text{-CO}_3$ dengan variasi perbandingan Mg/Al = 1 – 4.

Metode Penelitian:

Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dari Merck, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dari Merck, NaOH dari Merck, Na_2CO_3 dari Aldrich dan gas nitrogen. Seluruh bahan digunakan tanpa pemurnian lebih lanjut.

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : peralatan gelas, pengaduk magnet, Oven untuk hidrotermal dan kalsinasi. Instrumen yang dibutuhkan untuk karakterisasi hasil dan uji aktivitas antara lain : Difraksi Sinar X, dan Spektroskopi Infra Red.

Cara Penelitian

Magnesium nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dan aluminium nitrat ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) dengan perbandingan mol 3:1 yaitu 8,626 g Magnesium nitrat dan 3,783 g aluminium nitrat masing-masing dilarutkan dalam akuades sampai volume 100 mL lalu dialiri gas N_2 dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit. Keduanya dicampur dalam labu leher tiga dengan tetap dialiri gas N_2 dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 30 menit. Natrium hidroksida (NaOH) 0,070 mol (0,280 g) dilarutkan menggunakan akuades sampai volume 100 mL, dialiri gas N_2 dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit, ditambahkan ke dalam labu leher tiga. Selama reaksi berlangsung tetap dilakukan pengadukan dan dialiri dengan gas N_2 selama 2 jam. Nilai pH larutan dicek menggunakan indikator pH universal. Campuran tersebut dimasukkan dalam botol teflon untuk selanjutnya dilakukan proses pemanasan pada temperatur 100°C selama 15 jam. Padatan yang diperoleh dari hasil hidrotermal dipisahkan menggunakan sentrifuge selama 15 menit dengan kecepatan 2500 rpm kemudian dicuci dengan akuades. Variasi rasio Mg/Al diperoleh dengan memvariasi jumlah mol precursor Mg terhadap Al sehingga diperoleh rasio Mg/Al = 2 – 4. Hasil yang diperoleh

dipanaskan dalam oven pada temperatur 60 °C selama 12 jam. Persiapan HT sebagaikatalisheterogendilakukandengancarakalsinasipadasuhutinggi (500⁰C).

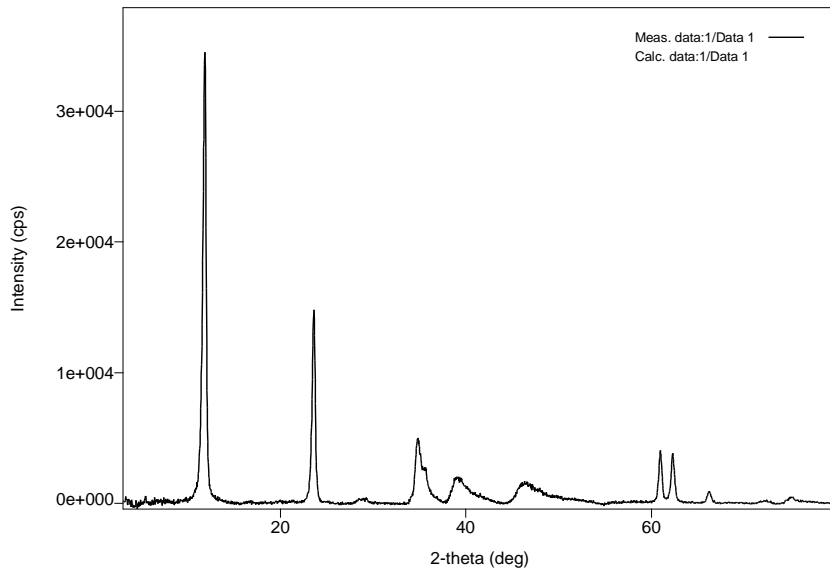
2. Karakterisasi hidrotalsit Mg-Al

Struktur produk dikarakterisasi menggunakan *X-ray difraktometer* (XRD) dan spektroskopi inframerah (IR). Produk hidrotalsit Mg-Al kering dikarakterisasi secara fisik menggunakan XRD dengan kisaran sudut $2\theta = 2-70^\circ$ dan laju *scanning* 2θ 0,02^o/detik. Spektrometer inframerah yang digunakan adalah Shimadzu FT-IR 8300.

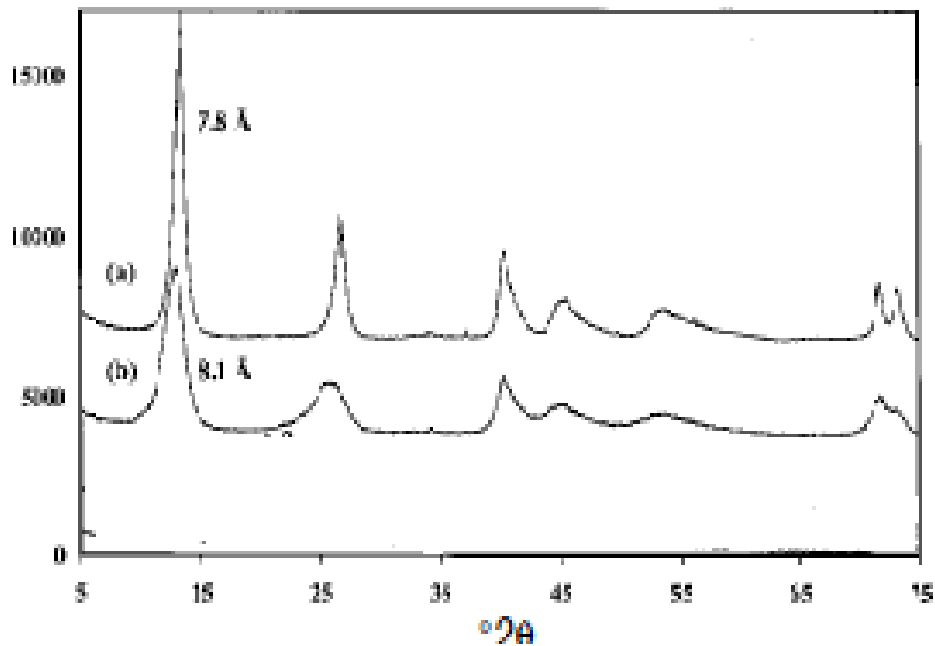
Hasil dan Pembahasan

Sintesis hidrotalsit (HT) Mg/Al dilakukan dengan metode kopresipitasi hidrotermal pada suhu antara 80-120^oC. Hasil sintesis berupa padatan (powder) berwarna putih. Jika dikehendaki hidrotalsit dengan anion nitrat, kemungkinan adanya anion lain seperti karbonat dihindarkan dengan *bubbling* gas nitrogen. Dalam jumlah yang cukup gas inert N₂ ini mampu mendorong danmenghilangkan ion karbonat dan dibebaskan sebagai CO₂. Untuk membatasai interaksi dengan CO₂ dari udara bebas dari atmosfer, sintesis HT Mg/Al dilakukan dengan wadah tertutup dan mengalirkan gas nitrogen secara terus menerus.

Hidrotalsit hasil penelitian dikarakterisasi dengan difraktometer sinar X (*X Ray diffraction*, XRD). Pola difraksi sinar X ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil analisis menunjukkan tiga puncak dengan intensitas tertinggi yaitu pada harga 2θ sebesar 11,66^o (bidang 003), 23,45^o (bidang 006), dan 34,57^o (bidang 110) yang merupakan karakteristik dari senyawa hidrotalsit.



Gambar 1. Pola difraksi sinar X Hidrotalsit (2:1) (sebelum kalsinasi)



Gambar2. Pola difraksi sinar X dari HTpembeding, CO_3^{2-} (a) dan NO_3^- (b) (Klopproge, 2002)

Pola difraksi sinar X dari HT pembeding (Klopproge,2002) menunjukkan adanya 4 puncak karakteristik yang menunjukkan sampel bersifat kristalin/ terkristal dengan sempurna. Keempat puncak tersebut menunjukkan bidang (003) (006)(110) dan (113) yang menunjukkan sifat mineral clay HT yang memiliki struktur berlapis.

Anion yang terdapat dalam antar lapis memberikan perbedaan karakteristik. Stabilitas termal dari HT dengan anion oksalat lebih tinggi daripada karbonat. Masing masing memiliki suhu dekomposisi 523 K dan 473 K. Sifat basisitas anion antarlapis adalah faktor kunci dari proses dehidroksilasi. Jika basisitas rendah lebih stabil secara termal, atau lebih tahan terhadap pemanasan (Roelofs, 2002).

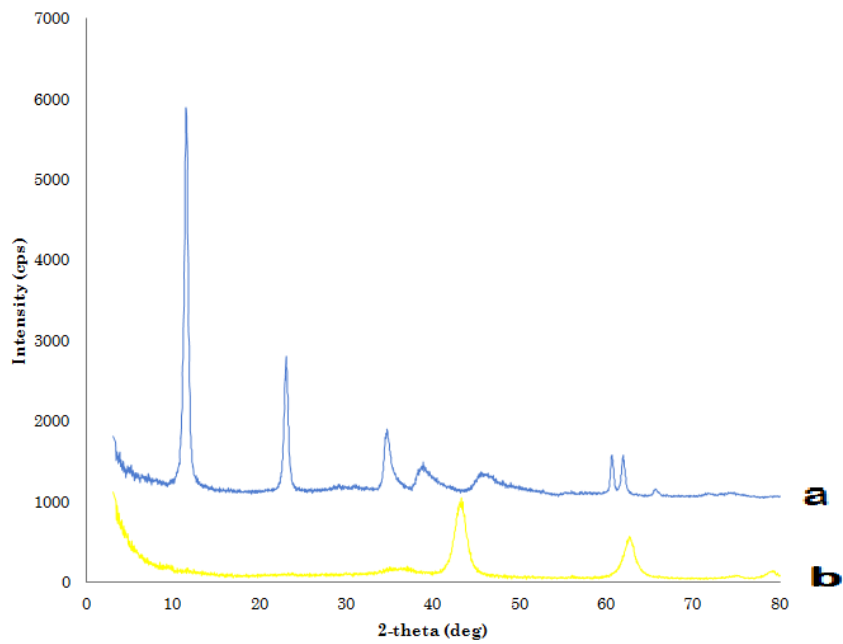
Preparasi hidrotalsit sebagai aktalis reaksi kondensasi aldol

Fungsi penting dari aplikasi hidrotalsit (HT) adalah sebagai katalis. Sebelum digunakan sebagai katalis, hidrotalsit hasil sintesis perlu dipreparasi dan dioptimasi untuk mendapatkan kualifikasi katalis yang dibutuhkan. Salah satu tahap aktivasi hidrotalsit sebagai katalis adalah proses kalsinasi. Setelah proses kalsinasi diperlukan rekonstruksi struktur HT dengan rehidrasi. Beberapa proses preparasi katalis kondensasi aldol dipersiapkan untuk aplikasi reaksi.

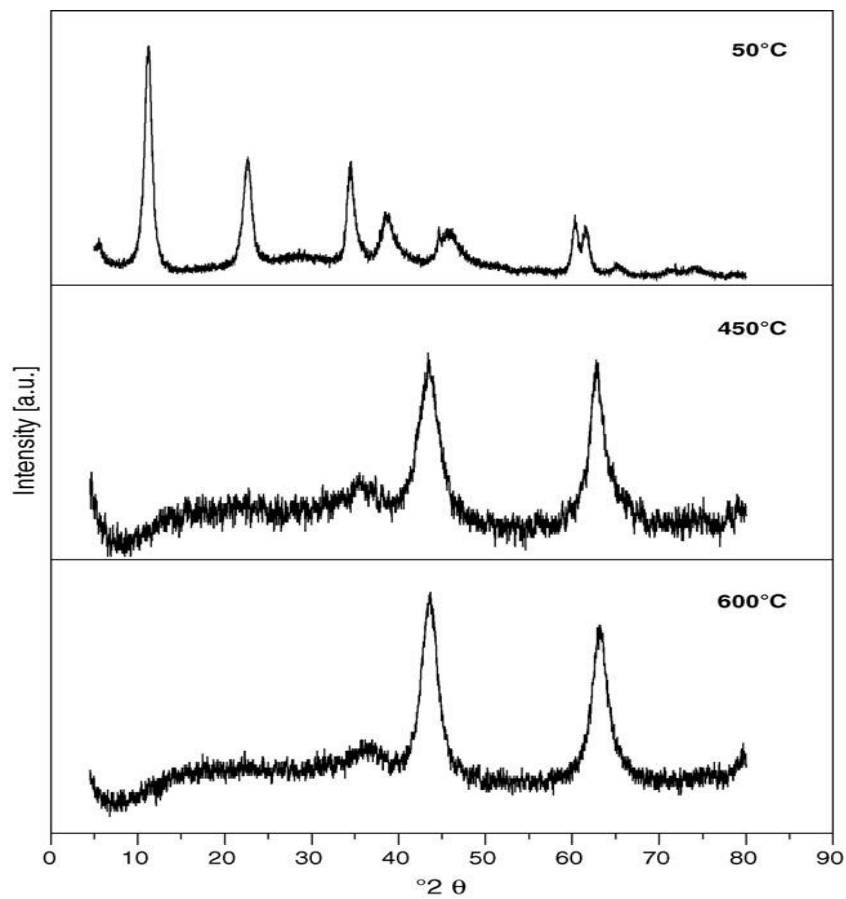
Berkaitan dengan proses kalsinasi, ada berbagai aspek yang dapat diamati. Kalsinasi memberikan pengaruh terhadap kapasitas serapan hidrotalsit sebagai adsorben. HT yang dikalsinasi pada suhu tinggi, yaitu sekitar 500°C menunjukkan kapasitas absorpsi yang paling besar dibanding yang tidak dikalsinasi (Liang, 2007).

Suhu kalsinasi biasanya bervariasi antara 573–773 K. Kalsinasi dapat secara efektif merusak struktur hidrotalsit. Hidrotalsit terkalsinasi atau *calcined hydrotalcite* (C-HT) dapat dikembalikan ke struktur semula dengan penambahan air dan anion. Air dan anion dapat diserap ke dalam antar lapis. Anion yang diserap tidak selalu harus sama dengan anion asalnya, misalnya nitrat dapat diganti dengan karbonat atau hidroksida. Kondisi ini dapat menjadi sebuah ‘efek memori’ yang berguna untuk menghilangkan atau menyerap anion tertentu seperti polutan berbahaya, baik organik maupun anorganik. ‘Efek memori’ juga dapat dimanfaatkan untuk aplikasi katalisis (Ericson, 2005).

Salah satu hal yang menarik dari efek kalsinasi pada hidrotalsit adalah, terdekomposisinya menjadi campuran oksida setelah dikalsinasi pada 725-775 K. Calcinated hydrotalcite (CHT) memiliki luas area permukaan yang besar dengan karakteristik basa Lewis. Kondisi ini menjadi peluang yang baik untuk digunakan sebagai katalis (Roelofs, 2002). Difraktogram XRD dari HT hasil sintesis sebelum dan sesudah dikalsinasi disajikan pada Gambar 3, sebagai pembandingan adalah XRD dari Kutrowski *et al.* (2005) yang disajikan pada Gambar 4.



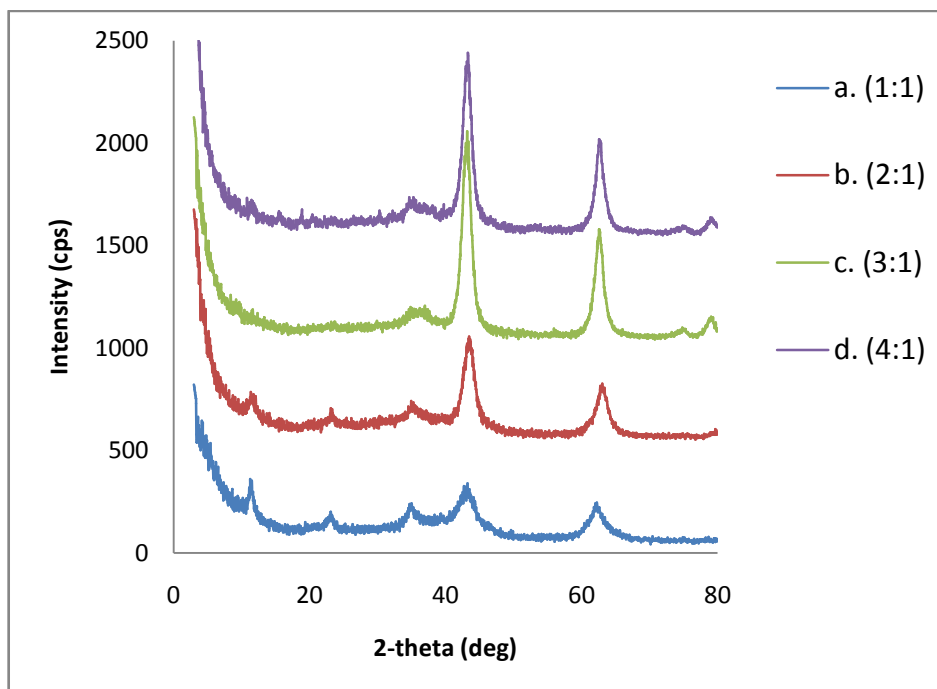
Gambar 3. Difraktogram HT hasil sintesis a). sebelum kalsinasi. b) Setelah kalsinasi



Gambar 3. Difraktogram HT sebelum dan sesudah kalsinasi pada 450°C dan 600°C sebagai pembandingan (Kutrowski et al., 2005).

Variasi rasio Mg/Al

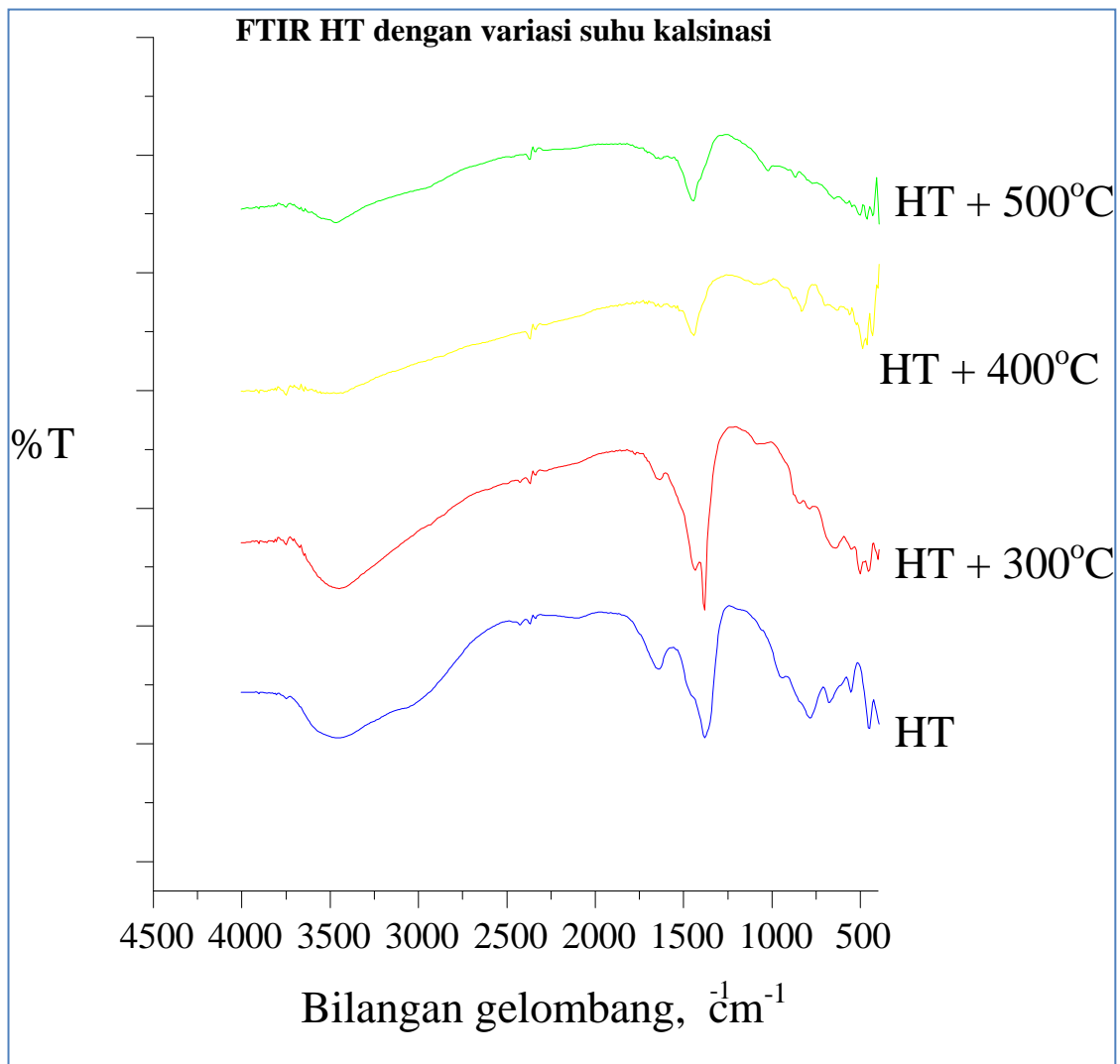
Berdasarkan penelitian dari Analvis (2010), Mg-Al dengan rasio 2:1 pada difraktogram XRD memiliki tiga puncak dengan intensitas tertinggi yaitu pada harga 2θ sebesar $11,66^\circ$, $23,45^\circ$, dan $34,57^\circ$ yang merupakan karakteristik dari senyawa hidrotalsit. Hasil percobaan menunjukkan fakta yang serupa yang diperoleh dari proses hidrotermal pada suhu 80°C . Semakin tinggi suhu hidrotermal, intensitas puncak difraktogram hidrotalsit semakin menurun.



Gambar 5. Hidrotalsit dengan variasi rasio mol Mg/Al

Optimasi rasio mol Mg/Al dilakukan pada rasio 1-4. Difraktogram XRD pada Gambar 5 menunjukkan variasi rasio mol Mg/Al yang dikalsinasi pada suhu 400°C . Dari XRD tersebut terlihat bahwa serapan dari HT Mg/Al 3:1 memiliki intensitas paling tinggi. Dengan demikian HT terkalsinasi terbaik yang disintesis adalah HT dengan rasio mol Mg/Al 3:1.

Selain dengan XRD, juga dilakukan analisis dengan spektrofotometer inframerah. Spektra inframerah dari HT dan HT terkalsinasi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 4. Spektra inframerah HT sebelum dan setelah kalsinasi dalam berbagai suhu (300-500°C)

Tabel 1. Rangkuman pita karakteristik HT dan HT terkalsinasi

HT	HT 500°C	Keterangan
3456,44	3471,87	Ulur/stretching O-H permukaan Ht
1635,64	1635,64	Tekukan/ bending OH
1381,03		uluran simetris nitrat
678,94	648,08	tekukan nitrat
555,50	501,49	ulur Al-O
447,49	450	ulurMg-O

Dari spektra FTIR antara HT dan HT terkalsinasi dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka serapan dengan puncak melebar pada daerah 3400-3500 cm⁻¹

semakin berkurang intensitasnya. Pita ini adalah hasil vibrasi ulur (stretching) O-H dari gugus hidroksi di dalam lembaran-lembaran Mg-Al HT dengan molekul-molekul air dalam partikel atau dalam antar lapis. Di sisi lain, serapan pada daerah sekitar 1650 cm^{-1} juga berkurang. Pita ini diduga merupakan vibrasi tekukan (*bending*) OH yang berasal dari molekul air pada daerah antar lapis. Semakin tinggi suhu kalsinasi pita uluran simetris O=C-O pada daerah 1385 cm^{-1} pun juga semakin berkurang. Gejala ini tampak dari hasil kalsinasi suhu 400°C hingga suhu 500°C . Hal sesuai dengan hasil penelitian terdahulu yang melaporkan dekomposisi pada 450°C (Parida 2000). Pada spektra hasil kalsinasi juga tampak adanya puncak pada daerah 1442 cm^{-1} yang belum diketahui vibrasinya.

Penelitian lain sebagai pembanding, menunjukkan adanya pita serapan pada $3000\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan hasil vibrasi $\text{H}_2\text{O-CO}_3^{2-}$. Pita khas dari HT- CO_3^{-} terlihat dari adanya pita yang pecah/ split di sekitar 1365 dan 1400 cm^{-1} bersama dengan pita lemah ν_2 dan ν_4 sekitar 870 and 667 cm^{-1} . Vibrasi ulur simetri dari ion karbonat memberi puncak 'mode' di sekitar $1050\text{--}1060\text{ cm}^{-1}$. Pita dari CO_3^{2-} kuat di daerah 1360 cm^{-1} dengan puncak lemah di 827 cm^{-1} , dan pita pada 667 cm^{-1} menunjukkan mode dari bidang-bidang HT. Simetri dari NO_3^{-} tidak berubah saat berada dalam lapisan HT (Klölprogge, 2002).

Dilihat dari spektra inframerah pembanding, hidrotalsit tanpa kalsinasi memiliki puncak lebar antara $4000\text{--}2700\text{ cm}^{-1}$ yang berkaitan dengan vibrasi deformasi superimposisi dari air yang diserap secara fisisorpsi, vibrasi dari gugus OH dalam struktur, vibrasi HO...OH dan atau $\text{CO}_2\text{--OH}$ dalam hidrotalsit dan karakteristik vibrasi ulur dari ikatan Mg-OH dalam Mg/ Al hidroksikarbonat. Pita serapan di daerah 1632 cm^{-1} merupakan vibrasi bending dari H-O-H. yang dari air yang terabsorb dalam antar lapis hidrotalsit (Parida, 2000).

Serapan intensif pada daerah 1383 cm^{-1} merupakan serapan CO_2 dan impuritis dari NO_3^{-} yang merupakan hasil dari larutan dalam proses sintesis. Adanya doublet pada sekitar bilangan gelombang 791 dan 663 cm^{-1} bertepatan dengan posisi dan rasio intensitas dari vibrasi karakteristik hidrotalsit. Selama kalsinasi terjadi penurunan intensitas yang signifikan dari puncak vibrasi air dan karbonat. Hal ini tentu sesuai dengan adanya kehilangan air dan CO_2 selama pemanasan. (Parida, 2000).

Berdasarkan penelitian Rao (1998) hidrotalsit yang tidak dikalsinasi tidak memiliki aktivitas katalisis. HT dengan kalsinasi 723 K yang diikuti rehidrasi dengan uap air pada suhu kamar memiliki sifat katalis yang baik. Hidrotalsit ini dipakai dalam katalisis reaksi kondensasi aldol dari benzaldehid dan aseton pada suhu kamar. Hasil aldol yang terbentuk lebih dari 85 % pada aktivasi optimum. Aktivitas yang lebih tinggi pada HT yang direhidrasi memberikan kesimpulan bahwa aldolisasi dalam fasa heterogen dikatalisis oleh ion hidroksida (OH⁻).

Dua metode rehidrasi adalah fasa cair dan gas. Campuran oksida Mg–Al yang direhidrasi dengan fasa gas (HTRG) memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan HT yang direhidrasi dengan fasa cair (RGRL). Keduanya memiliki sifat tekstur yang jauh berbeda yang memberi efek pada sifat katalisisnya. Efek memori mempengaruhi derajat rekonstruksi dari struktur lamelar saat oksida direhidrasi dengan fase gas, lebih kuat dari rehidrasi fasa cair. Sifat katalis banyak ditentukan oleh karakter basa (Lewis) dari tepi/antar muka hidrotalsit (Abello, 2005).

Kesimpulan.

Hidrotalsit Mg/Al telah berhasil disintesis menggunakan metode kopresipitasi hidrotermal. Variasi mol Mg/Al pada sintesis HT yang telah dilakukan adalah 1:1, 2:1, 3:1 dan 4:1. Hasil terbaik adalah HT dengan perbandingan mol Mg/Al 3:1 dengan suhu hidrotermal 100⁰C. Preparasi HT sebagai katalis dilakukan dengan kalsinasi HT pada suhu 500⁰C. Hasil XRD dari HT sebelum dan sesudah kalsinasi menunjukkan bahwa preparasi HT sebagai katalis heterogen telah berhasil dilakukan.

Pustaka

Abello, S., Medina, F., Tichit, D., Ramirez, J., Groen, J.C., Sueiras, J.E., Salagre, P., and Cesteros Y., 2005, Aldol Condensations Over Reconstructed Mg–Al Hydrotalcites: Structure–Activity Relationships Related to the Rehydration Method, *Chem. Eur. J.*, 11, 728 – 739

Astuti, 2012, Sintesis Mg-Al Diklorfenak Hidrotalsit melalui Reaksi penukaran Ion, tesis, FMIPA UGM, Yogyakarta.

Cativiela, C.; Figueras, F.; Garcia, J. I.; Mayoral, J. A.; Zurbano, M. M., 2004, Hydrotalcite-like anionic clays in catalytic organic reactions, *Synth. Commun.* 25, 1745

Cavani, F., Trifiro, F., Vaccari, A., 1991, Hydrotalcite-type Anionic Clays: Preparation, Properties and Applications, *Catalysis Today*, 11, 173-301

Choudary BM, Kantam^a, ML., Kavita, B., Reddy, CV., Rao, KK., Figueras' F.,, Aldol condensations catalysed by novel Mg-Al-O-t-Bu hydrotalcite, *Tetrahedron Letters*, Volume 39, Issue 21, 21 May 1998, Pages 3555–3558.

Climent, M. J.; Corma, A.; Iborra, S.; Primo, J., 2005, Hydrotalcites as base catalysts. Kinetics of Claisen-Schmidt condensation, intramolecular condensation of acetylacetone and synthesis of chalcone, *J. Catal.* 151, 60

Kloprogge, JT., Wharton, D., Hickey, L., And Frost, RL., Infrared and Raman study of interlayer anions CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} and ClO_4^- in Mg/Al hydrotalcite, *American Mineralogist*, Vol.87, p. 623–629, 2002

Koteswara Rao, K.; Gravelle, M.; Valente, J.; Figueras, F. 1998, The aldol condensation of acetaldehyde and heptanal on hydrotalcite-type catalysts, *J. Catal.*, 173, 115

Kustrowski, P., Sulkwska D., Chmielarz, L., Lasocha, A., Dudek, B., Dziembaj, R., 2005, Influence of Thermal Treatment Conditions on the Activity of Hydrotalcite-derived Mg-Al oxides in the Aldol Condensation of Acetones, *Micro. Meso. Mat.* 1, 11-22

Liang LV., Wang, Y., Wei, M., Cheng, JJ., 2008, Bromide ion removal from contaminated water by calcined and uncalcined MgAl-CO₃ layered double hydroxides, *Journal of Hazardous Materials* 152 (2008) 1130–1137

Negron, G., Guerra, N., Lomas, L., Gavino, R., Cardenas, G., 2003, Calcined Mg-Al hydrotalcites catalyst in the regioselective synthesis of silylated vicinal azidoalcohols, *Regional Issue "Organic Chemistry in Mexico"*, 11, 179-184

Parida K., Das J., Mg/Al hydrotalcites: preparation, characterisation and ketonisation of acetic acid, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 151 (2000) 185–192

Perez, C.N., Perez, C.A., Henriques, C.A. and Monteiro, J.L.F., 2004, Hydrotalcites as Precursors for Mg,Al-mixed oxides Used as Catalysts on the Aldol Condensation of Citral with Acetone, *Applied Catalysis A: General*, 272, 229-240

Rao, KK., Gravelle, M., JS., Figueras, F., Activation of Mg–Al Hydrotalcite Catalysts for Aldol Condensation Reactions, *J. of Catalysis*, 1998, Vol.173, Iss 1, p. 115–12

Roelofs, J. C. A. A.; van Dillen, A. J.; de Jong, K. P., 2000, Aldol condensations catalysed by novel Mg-Al-O-t-Bu hydrotalcite, *Catal. Today*, 60, 297-308

Roelofs, JCAA., van Bokhoven, JA., van Dillen, AJ., Geus, JW., and de Jong, KP., The Thermal Decomposition of Mg±Al Hydrotalcites: Effects of Interlayer Anions and Characteristics of the Final Structure, *Chem. Eur. J.* 2002, V 8, No. 24

Suzuki, E. Dan Ono, Y., 2004, Aldol Condensation Reaction between Formaldehyde and Acetone over Heat-Treated Synthetic Hydrotalcite and Hydrotalcite-like Coumpounds, *Bull.Chem.Soc.Jpn*, 61, 1008-1010

Suzuki, E.; Okamoto, M.; Ono, Y., 2003, Catalysis by synthetic hydrotalcite-like materials in halide exchange between alkyl halides, *J. Mol. Catal.*, 61, 283