



**SKRIPSI – TK 141581**

**PENGGUNAAN KATALIS  $\gamma$ -ALUMINA UNTUK  
DEGRADASI GLISEROL MENGGUNAKAN TEKNOLOGI  
SONIKASI**

**Oleh :**

**NI MADE HANA SAVITRI BATAN  
NRP 2310100082**

**LYLLA LARASGITA  
NRP 2311100181**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.  
NIP 1964 06 08 1991 02 1001**

**Prida Novarita T., ST., MT.  
NIP 2300 20 14 05 001**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGISEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015**



**FINAL PROJECT – TK 141581**

**THE USE OF  $\gamma$  - ALUMINA CATALYST  
FOR THE DEGRADATION OF GLYCEROL USING  
SONICATION TECHNOLOGY**

**NI MADE HANA SAVITRI BATAN  
NRP 2310100082**

**LYLLA LARASGITA  
NRP 2311100181**

**Academic Advisor :  
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.  
NIP 1964 06 08 1991 02 1001**

**Prida Novarita T., ST., MT.  
NIP 2300 20 14 05 001**

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGUNAAN KATALIS $\gamma$ -ALUMINA UNTUK DEGRADASI GLISEROL MENGGUNAKAN TEKNOLOGI SONIKASI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

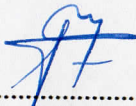




Oleh :

**Ni Made Hana Savitri Batan** 2310 100 082  
**Lylla Larasgita** 2311 100 181

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng  
(Pembimbing I)
2. Prida Novarita T., ST., M.T.  
(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Gede Wibawa, M.Eng  
(Penguji I)
4. Dr. Yeni Rahmawati, ST., M.T.  
(Penguji II)
5. Hikmatun Ni'mah, ST., MS., Ph.D  
(Penguji III)



  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....

**Surabaya**  
**Juli 2015**

## ABSTRAK

Gliserol dapat dikonversi menjadi bahan kimia lain yang lebih berharga menggunakan teknologi sonokimia. Dimana dalam penelitian ini, teknologi sonokimia menggunakan katalis serta tidak menggunakan katalis. Katalis yang digunakan adalah katalis heterogen, yaitu  $\gamma$ -alumina. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari berbagai produk yang dihasilkan, yaitu *methanol*, *allyl alcohol*, dan *acrolein* dari proses degradasi gliserol dengan teknologi sonikasi untuk beberapa parameter yang berpengaruh, antara lain waktu sonikasi, suhu dan penggunaan katalis.

Penelitian ini terdiri dalam 2 tahapan, yaitu persiapan katalis  $\gamma$ -aluminadan tahap sonikasi sampel. Tahap persiapan katalis  $\gamma$ -alumina dilakukan dengan kalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam. Tahapan sonikasi dibedakan menjadi 2 macam, yaitu perlakuan tanpa katalis dan menggunakan katalis. Gliserol dimasukkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan probe sonikator dan kondensor dengan perbandingan massa gliserol dan air 1 : 12, lalu menambahkan katalis  $\gamma$ -alumina dengan jumlah 3% berat gliserol. Kemudian pasang peralatan sonikasi kemudian dilakukan proses sonikasi selama 10, 30, 50, 70, dan 90 menit. Hasil dari proses tersebut kemudian dianalisa dengan GC (*Gas Chromatography*) untuk mengetahui kandungan senyawa *methanol*, *allyl*

*alcohol*, dan *acrolein* yang dihasilkan. Untuk yang dengan katalis di centrifuge. Ulangi proses tersebut untuk mendapatkan hasil yang optimum.

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa konversi gliserol cenderung meningkat dengan meningkatnya waktu sonikasi dan suhu sonikasi dengan ataupun tanpa menggunakan katalis. Yield produk *methanol* dan *acrolein* tertinggi didapat pada suhu sonikasi 40°C, sedangkan yield *allyl alcohol* pada suhu 50°C pada perlakuan sampel tanpa katalis. Yield produk *methanol* tertinggi didapat pada suhu sonikasi 50°C, sedangkan *allyl alcohol* dan *acrolein* pada suhu 40°C pada perlakuan sampel dengan penambahan katalis  $\gamma$ -alumina. Penambahan katalis  $\gamma$ -alumina telah memberikan yield *acrolein* tertinggi.

**Kata kunci : degradasi , gliserol, sonikasi,  $\gamma$ -alumina**

## ABSTRACT

Glycerol can be converted into another chemical which more valuable uses sonochemical technology. Which in this study, using a catalyst and sonochemical technology does not use catalysts. The catalyst used is a heterogeneous catalyst, ie  $\gamma$ -alumina. This research aims to study a wide range of products, namely methanol, allyl alcohol and acrolein from glycerol degradation process dengant eknologi sonication for several parameters which affect, among other things sonication time, temperature and the use of catalysts.

This study consists in two stages, namely preparation of the catalyst  $\gamma$ -aluminadan sample sonication stage. Phase periapan  $\gamma$ -alumina catalyst performed by calcination at a temperature of 500 ° C for 5 hours. Sonication stages divided into two kinds, namely the treatment without using a catalyst and catalyst. Glycerol is introduced into the reactor which is equipped with a probe sonicator and condenser with glycerol and water mass ratio of 1: 12, then add  $\gamma$ -alumina catalyst with an amount of 3% by weight of glycerol. Then put the sonication equipment sonication process then carried out for 10, 30, 50, 70, and 90 minutes. The results of the process are then analyzed by GC (Gas Chromatography) to determine the content of compound methanol, allyl alcohol, and acrolein is

produced. To which the catalyst is in the centrifuge. Repeat the process to obtain optimum results.

From these results, it can be concluded that the glycerol conversion tends to increase with increasing sonication time and temperature of sonication with or without the use of catalysts. Methanol product yield and the highest acrolein obtained at a temperature of sonication of 40 ° C, while the yield allyl alcohol at a temperature of 50 ° C in the treatment of the sample without the catalyst. The highest yield obtained in the methanol product sonication temperature of 50 ° C, while allyl alcohol and acrolein at a temperature of 40 ° C in the treatment of the sample with the addition of  $\gamma$ -alumina catalyst. The addition of  $\gamma$ -alumina catalysts have provided the highest yield acrolein.

***Keywords : Degradation , Glycerol, Sonication,  $\gamma$ -alumina***

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Tuhan YME karena berkat Rahmat dan karunia-Nya yang telah memberi segala kemudahan dan kekuatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi yang berjudul **”Penggunaan Katalis  $\gamma$ -alumina Untuk Degradasi Gliserol Menggunakan Teknologi Sonikasi”** yang menjadi salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Keberhasilan penulisan Skripsi ini tidak lepas dari dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah yang diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bapak Dr. Ir. Sumarno, M.Eng dan Ibu Prida Novarita T., S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia.
5. Orang Tua dan keluarga kami yang telah banyak memberikan dukungan baik moral maupun spiritual.
6. Teman-teman K 50 dan K 51 terimakasih untuk segala support, bantuan dan kerjasamanya.
7. Seluruh keluarga Laboratorium Teknologi Material atas support dan memberikan suasana yang kondusif dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan dan keikhlasan yang telah diberikan mendapat balasan dari Tuhan YME.

Akhirnya semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi Penulis dan Pembaca khususnya.

Surabaya, Juli 2015

Penyusun



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| KATA PENGANTAR  |      |
| ABSTRAK .....   | v    |
| ABSTRACT .....  | vii  |
| DAFTAR ISI .....  | ix   |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xi   |
| DAFTAR TABEL .....  | xiii |
| <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>   |      |
| I.1 Latar Belakang .....  | 1    |
| I.2 Perumusan Masalah .....   | 5    |
| I.3 Tujuan Penelitian .....   | 6    |
| I.4 Manfaat Penelitian .....  | 6    |
| <b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>                                       |      |
| II.1 Gliserol .....   | 6    |
| II.2 Degradasi Gliserol .....   | 8    |
| II.3 Gelombang Ultrasonik .....                                       | 9    |
| II.4 Sonikasi .....   | 10   |
| II.5 Katalis .....  | 18   |
| <b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>                                 |      |
| III.1 Deskripsi Penelitian .....                                      | 27   |
| III.2 Alat Penelitian .....   | 27   |
| III.3 Bahan Penelitian .....  | 29   |
| III.4 Variabel Penelitian .....                                       | 29   |
| III.5 Parameter Penelitian .....                                      | 29   |
| III.6 Prosedur Penelitian .....                                       | 29   |
| <b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                   |      |
| IV.1 Degradasi gliserol dengan proses<br>Sonikasi tanpa Katalis.....  | 36   |
| IV.2 Degradasi gliserol dengan proses<br>Sonikasi dengan Katalis..... | 41   |
| IV.3 Perbandingan degradasi gliserol<br>dengan dan Tanpa Katalis..... | 49   |
| <b>BAB V. KESIMPULAN</b> .....  | 51   |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | vii  |

APPENDIKS A1  
APPENDIKS A2  
APPENDIKS A3  
APPENDIKS A4

## DAFTAR TABEL

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel II.1 | Properti gliserol .....  | 7  |
| Tabel II.2 | Jenis reaksi pada mekanisme reaksi<br>Radikal bebas .....      | 8  |
| Tabel II.3 | Jenis reaksi pada mekanisme ionik .....                        | 9  |
| Tabel II.4 | Penggunaan katalis heterogen pada<br>Peneliti sebelumnya ..... | 21 |
| Tabel IV.1 | Data sudut munculnya relatif intensity .....                   | 42 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

### BAB I

|            |   |   |
|------------|---|---|
| Gambar I.1 | Jalur reaksi degradasi gliserol oleh Buhler (2001)..... | 3 |
|------------|---|---|

### BAB II

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar II.1 | Struktur molekul dari gliserol .....   | 6  |
| Gambar II.2 | Transesterifikasi Gliserida untuk produksi biodiesel .....                               | 6  |
| Gambar II.3 | Mekanisme <i>Collapsing bubble</i> pada peristiwa sonokimia .....                        | 11 |
| Gambar II.4 | Reaksi penguraian air secara radikal .....   | 12 |
| Gambar II.5 | <i>Direct sonication</i> .....   | 15 |
| Gambar II.6 | Alat untuk <i>Indirect Sonication</i> .....  | 15 |
| Gambar II.7 | Kavitasi akustik dalam cairan homogen .....  | 17 |
| Gambar II.8 | Kavitasi pecahnya gelembung pada atau dekat permukaan padatan pada sistem heterogen..... | 18 |

### BAB III

|              |                                   |    |
|--------------|-----------------------------------|----|
| Gambar III.1 | Peralatan Reaktor Kalsinasi ..... | 27 |
| Gambar III.2 | Peralatan Sonikasi.....           | 28 |

### BAB IV

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar IV.1 | Pengaruh proses sonikasi terhadap konversi gliserol.....                 | 36 |
| Gambar IV.2 | Pengaruh proses sonikasi tanpa katalis terhadap yield produk .....       | 39 |
| Gambar IV.3 | Hasil analisa XRD katalis.....   | 42 |
| Gambar IV.4 | Hubungan waktu sonikasi terhadap Konversi gliserol.....                  | 44 |
| Gambar IV.5 | Pengaruh proses sonikasi menggunakan Katalis terhadap yield produk ..... | 47 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sumber energi alternatif sangat diperlukan seiring menipisnya cadangan minyak bumi yang berasal dari fosil. Salah satu sumber energi alternatif adalah biodiesel. Indonesia adalah penghasil minyak sawit terbesar kedua setelah Malaysia. Dengan mempertimbangkan aspek kelimpahan bahan baku tersebut, dan teknologi pembuatan, serta independensi Indonesia terhadap energi diesel, maka selayaknya potensi pengembangan bahan bakar alternatif berupa biodiesel merupakan suatu alternatif yang sangat berpotensi dan dapat dengan cepat diimplementasikan. Dalam *road map Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional, biodiesel ditargetkan mampu mensubstitusi minyak solar sebanyak 10% di tahun 2010, 15% di tahun 2015 dan 20% di tahun 2025 dari kebutuhan energi nasional. Namun, pada kenyataannya, terdapat permasalahan yang menghambat pemasaran biodiesel di pasaran yaitu tingginya harga produksi biodiesel itu sendiri. Hal ini mengakibatkan, harga jual biodiesel lebih tinggi daripada minyak diesel fosil.

Biodiesel merupakan campuran minyak solar dan metil ester dimana metil ester diperoleh melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan metanol menggunakan katalis NaOH dan juga menghasilkan produk samping. Hasil samping produksi biodiesel biasanya terdiri dari gliserol, metanol, sisa minyak, katalis basa dan asam, pelarut dan air.

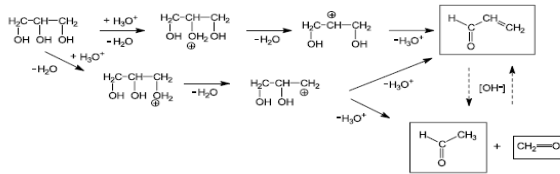
Gliserol diperoleh sebagai produk samping ketika minyak nabati ditransesterifikasi dalam pembuatan biodiesel. Konversi biodiesel terhadap gliserol yang dihasilkan berkisar 10% (b/b). Makin pesatnya pertumbuhan industri biodiesel nantinya dapat menyebabkan akumulasi jumlah gliserol



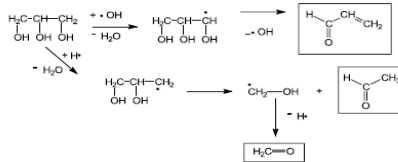
sebagai produk samping semakin banyak, apalagi keberadaan gliserol di lingkungan selama ini hanya sebagai limbah. Melimpahnya gliserol sebagai hasil samping ini ternyata justru akan menurunkan harga gliserol di pasaran sehingga perlu dilakukan pengolahan gliserol menjadi produk lain yang lebih bermanfaat dan mempunyai nilai jual lebih tinggi.

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam mengubah gliserol, diantaranya dengan mengurai/mendegradasi gliserol pada kondisi super kritis (Buhler, dkk. (2002)) mempelajari dua mekanisme reaksi degradasi gliserol, yaitu reaksi ionik dan reaksi pirolisis yang saling berkompetisi pada *near-*(kondisi hidrothermal atau wet pirolisis) dan *supercritical water*. Reaksi degradasi dilakukan pada suatu reaktor tubular dengan preheater dan *back pressure regulator* (BPR) untuk keperluan pengambilan sampel. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa terdapat dua mekanisme reaksi yang saling berkompetisi yaitu reaksi ionik yang dikatalisis oleh ion hidronium ( $H_3O^+$ ) dan ion hidroksida ( $OH^-$ ) dari disosiasi air dan terjadi pada densitas tinggi, sedangkan reaksi radikal bebas yang dikatalisis oleh radikal bebas ( $H\cdot$ ) dan ( $OH\cdot$ ) yang terjadi pada densitas rendah. Beberapa produk yang dihasilkan dari reaksi ionik adalah esetaldehid dan formaldehid sedangkan produk reaksi pirolisis adalah metanol dan alil alkohol. Gambar I.1. merupakan jalur reaksi degradasi gliserol secara ionik maupun radikal bebas menurut Buhler (2002).

Ionic reaction pathways:



Free radical reaction pathways:



Gambar I.1. Jalur reaksi degradasi gliserol oleh Buhler (2002)(Buhler *et al* , 2002)

Adhikari, dkk., (2007) melakukan penelitian untuk menghasilkan gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dari gliserol melalui reformasi steam dengan katalisator berbasis nikel (Ni). Dalam penelitian ini digunakan tiga tipe katalis yang berbasis nikel (Ni) yaitu Ni/MgO, Ni/CeO<sub>2</sub> dan Ni/TiO<sub>2</sub> dalam bentuk serbuk dengan ukuran 16-35 mesh. Penelitian meliputi persiapan katalis, reaksi, dan analisa produk. Persiapan katalis dilakukan dengan metode preparasi dengan menggunakan nikel nitrat hexahidrat [ $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ]. Reaksi dilakukan pada reaktor *fixed bed* yang terbuat dari *stainlesssteel* dengan diameter luar 1/2 in dan ketebalan dinding 0.083 in. Reaktan yang digunakan adalah larutan gliserol – air dengan rasio 1 : 6, gliserol terhadap air. Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa yield hidrogen terbesar adalah pada temperatur 650°C dengan katalis Ni/MgO dengan yield 56.51%.

Penelitian mengenai degradasi gliserol juga telah dilakukan, baik dengan menggunakan katalis ataupun tidak.

Kehadiran katalis memberikan efek terhadap laju konversi. Temperatur operasi dapat dioperasikan lebih rendah ketika katalis digunakan. Sehingga energi yang digunakan lebih sedikit, serta biaya operasi turun (Markocić *et al*, 2012).

Berbagai proses yang telah dilakukan untuk degradasi gliserol yaitu bermacam-macam, contohnya *hydrothermal*, *steam reforming*, dan *pirolisis*. Metode yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya membutuhkan tekanan dan suhu yang tinggi dan juga waktu yang cukup lama dan mengakibatkan biaya (cost) degradasi gliserol menjadi cukup mahal. .

Untuk itu, perlu dicari alternatif teknologi degradasi gliserol yang dapat mempercepat proses tetapi menggunakan energi lebih kecil. Teknologi yang bisa diterapkan adalah dengan melakukan proses degradasi gliserol menggunakan gelombang ultrasonik. Dari peneliti sebelumnya (Ryan Baril, 2013), memperoleh hasil yakni konversi gliserol cenderung meningkat dengan meningkatnya waktu dan suhu sonikasi, Produk degradasi gliserol tanpa katalis menghasilkan *yield acrolein* tertinggi sebesar 5,607 %, pada 70 menit suhu 40<sup>0</sup> C , *yield methanol* tertinggi sebesar 6,559 % pada 70 menit suhu 40<sup>0</sup> C, *yield allyl alcohol* tertinggi sebesar 6,365 % pada 50 menit suhu 50<sup>0</sup> C, Produk degradasi gliserol katalis  $\gamma$ -*alumina* menghasilkan *yield acrolein* tertinggi sebesar 18,878 % pada 30 menit suhu 30<sup>0</sup> C , *yield methanol* tertinggi sebesar 6,297 % pada 70 menit suhu 50<sup>0</sup> C, *yield allyl alcohol* tertinggi sebesar 5,503 % pada 50 menit suhu 30<sup>0</sup> C, penggunaan katalis  $\gamma$ -*alumina* memberikan *yield* tertinggi pada produk *acrolein*. Sehingga diharapkan proses sonikasi dengan penambahan katalis  $\gamma$ -*alumin*a dapat menjadi metode alternatif untuk proses degradasi gliserol agar diperoleh produk yang lebih bernilai tinggi dengan biaya operasi yang ekonomis serta produk spesifik yang bernilai ekonomi tinggi, seperti *acrolein*, *Allyl alcohol*, *acrolein* dan sebagainya dalam jumlah besar.

Teknologi dengan menggunakan ultrasonik, air dapat diubah menjadi media sekaligus pereaksi yang sangat kuat karena adanya energi berupa getaran yang memiliki efek yang sangat besar sehingga menyebabkan pergolakan gelembung yang kemudian pecah dan menimbulkan efek energi yang hebat yang dikenal dengan istilah “*collapsing bubble*”. Proses ini dikenal dengan peristiwa kavitasi, dimana selama proses kavitasi berlangsung, dihasilkan energi yang besar yang terjadi di wilayah perisitwa kavitasi tersebut, yang dikenal sebagai “*Local hotspot*”. Fenomena kavitasi tersebut akan berdampak pada kemampuan air dalam melakukan perusakan ikatan kimia pada sebuah molekul. (Suslick,.1994). Adanya intensitas tinggi gelombang ultrasonik akan menyebabkan gelembung kavitasi hingga tercapai temperatur dan tekanan yang sangat tinggi. Pada kondisi inilah, gelombang ultrasonik dapat mendegradasi bahan organik menjadi produk yang mempunyai ikatan lebih sederhana.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Degradasi gliserol merupakan salah satu cara atau proses untuk menghasilkan senyawa kimia lain yang mana dapat memberikan nilai tambah pada gliserol serta dapat mengatasi masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh produksi biodiesel yang semakin meningkat dan juga untuk memberikan nilai ekonomis pada produk biodiesel itu sendiri. Degradasi gliserol telah banyak dilakukan untuk menghasilkan bahan bakar seperti hidrogen dan metanol serta produk kimia lainnya, seperti akrolin dan asetaldehid melalui banyak proses seperti steam reforming, pirolisis dan hidrogenasi.

Alternatif lain yang bisa dikembangkan adalah penggunaan gelombang ultrasonik sebagai penyedia energi non konvensional. Medan ultrasonik akan menghasilkan efek kimia dan fisika yang diakibatkan oleh kavitasi mikro yang disebabkan oleh getaran ultrasonik. Adanya intensitas tinggi dari gelombang ultrasonik menyebabkan kavitasi hingga tercapai temperatur dan tekanan yang sangat tinggi. Pada

kondisi inilah gelombang ultrasonik diharapkan juga dapat dipakai untuk mendegradasi gliserol agar diperoleh produk yang lebih bernilai ekonomi. Namun penelitian mengenai degradasi senyawa gliserol dengan penambahan katalis, terutama katalis heterogen masih jarang dipublikasikan. Pemanfaatan gelombang ultrasonik dengan penambahan katalis  $\gamma$ -alumina diharapkan dapat menjadi metode alternatif untuk proses degradasi gliserol agar diperoleh produk yang lebih bernilai tinggi dengan biaya operasi yang ekonomis serta produk spesifik yang bernilai ekonomi tinggi, seperti *acrolein*, *allyl alcohol* dan sebagainya dalam jumlah besar karena penggunaan katalis.

Berbagai variabel yang berpengaruh terhadap proses degradasi gliserol akan dipelajari seperti, waktu reaksi, suhu reaksi, pengaruh adanya katalis dan rasio gliserol dengan air.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mempelajari berbagai produk, antara lain *methanol* , *allyl alcohol* , dan *acrolein* yang dihasilkan selama proses degradasi gliserol dengan menggunakan teknologi sonokimia.
2. Mempelajari pengaruh waktu dan temperatur sonikasi terhadap proses degradasi gliserol.
3. Mempelajari pengaruh penambahan katalis  $\gamma$ -alumina terhadap yield produk yang dihasilkan pada proses degradasi gliserol dengan teknologi sonokimia

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh degradasi gliserol dengan radiasi gelombang ultrasonik terhadap pembentukan produk *methanol* , *allyl alcohol* , dan *acrolein*.
2. Mengetahui pengaruh waktu dan temperatur sonikasi terhadap proses degradasi gliserol.

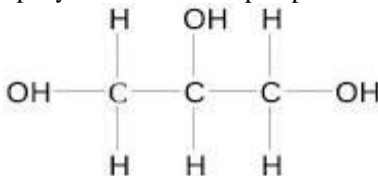
3. Mengetahui pengaruh penambahan katalis  $\gamma$ -alumina terhadap yield produk yang dihasilkan pada proses degradasi gliserol dengan teknologi sonokimia.
4. Sebagai referensi dan informasi penelitian mengenai degradasi gliserol dengan teknologi sonokimia untuk penelitian lebih lanjut.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gliserol

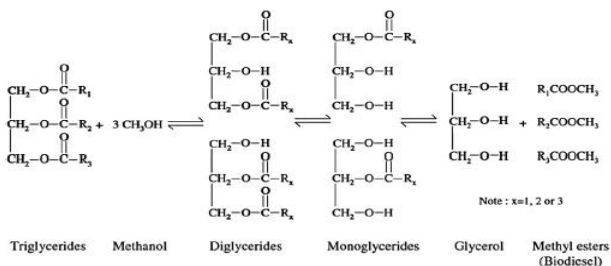
Gliserol adalah senyawa kimia yang biasa disebut *gliserin*. Gliserol sering disebut gula alkohol karena berasa manis, tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun, cairannya yang viskos banyak digunakan sebagai formula-formula di segala bidang. Gliserol mempunyai tiga gugus hidroksil yang sangat mudah larut dalam air. Sub strukturnya merupakan komponen pusat penyusun dari beberapa lipida.



**Gambar II.1** Struktur molekul dari gliserol (*Buhler et al , 2002*)

Gliserol merupakan produk samping reaksi transestrifikasi minyak. Minyak bereaksi dengan alkohol (*methanol*) melalui reaksi transesterifikasi membentuk *gliserol* dan *methyl ester*.

Reaksinya sebagai berikut :



**Gambar II.2** Transesterifikasi Gliserida untuk produksi biodiesel (*Hingu et al, 2010*).



*Methyl ester* disebut *fatty acid methyl ester* (FAME) atau biodiesel, sedangkan gliserol yang dihasilkan adalah produk samping yang masih dapat dipasarkan.

Pada makanan dan minuman, gliserol dihindarkan sebagai sebuah *humectant* (senyawa hidroskopis), pelarut dan pemanis, pengawet makanan, bahan pembuat makanan rendah kalori, bahan pengental cairan, pengganti gula. Dapat pula digunakan sebagai anti beku untuk kendaraan, selain itu gliserol dapat terurai secara alami. Beberapa sifat fisik dari gliserol adalah sebagai berikut :

Tabel II.1. Properti Gliserol

| <b>Properti</b>    | <b>Nilai</b>              |
|--------------------|---------------------------|
| Berat Molekul      | 92,1                      |
| Titik didih        | 290 °C                    |
| Titik beku         | 17°C                      |
| Flash point        | 160°C                     |
| Suhu Kritis        | 492,2°C                   |
| Tekanan Kritis     | 42,5 atm                  |
| Specifik gravity   | 1,26                      |
| Massa jenis (25°C) | 1,25802 g/cm <sup>3</sup> |
| Viscositas (20°C)  | 1,5 Pa.s                  |

msds.chem.ox.ac.uk

Sampai tahun 1948 semua gliserol didapatkan dari produk samping pembuatan sabun lemak hewan, tumbuhan dan minyak. Gliserol juga diperoleh melalui sintesis skala komersial propilen dan fermentasi gula jika natrium bisulfat ditambahkan sebagai ragi. Disamping itu, gliserol merupakan

produk samping pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi minyak.

## 2.2 Degradasi Gliserol

Reaksi degradasi gliserol merupakan reaksi perusakan ikatan molekul gliserol sehingga molekul gliserol terurai menjadi beberapa senyawa baru. Reaksi degradasi gliserol biasanya terjadi karena ion ion air yang juga terurai memicu reaksi ionic atau radikal bebas yang dapat merusak ikatan molekul gliserol .

Tabel II.2 Jenis reaksi pada mekanisme reaksi radikal bebas.

| Reaction type                   | Example   |
|---------------------------------|---|
| 1. Initiation reaction          | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \cdot\text{CH}_2\text{OH}$                              |
| 2. $\beta$ -Scission            | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{O}\cdot \end{array} \longrightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{O} + \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$                        |
| 3. Hydrogen transfer            | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \text{H}\cdot \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\dot{\text{C}}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \text{H}_2$ |
| 4. Radical isomerization        | $\cdot\text{CH}_2-\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_3-\text{O}\cdot$  |
| 5. Radical addition             | $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \cdot\text{CH}_2-\text{OH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\dot{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$  |
| 6. Radical dehydration          | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\dot{\text{C}}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{HO} \\   \\ \text{CH}_2-\text{C} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{CH} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$                                   |
| 7. Radical substitution         | $\text{CH}_3-\text{OH} + \text{H}\cdot \longrightarrow \text{H}_3\text{C}\cdot + \text{H}_2\text{O}$  |
| 8. Radical termination reaction | $\text{H}\cdot + \text{H}\cdot \longrightarrow \text{H}_2$  |

Tabel II.3 Jenis reaksi pada mekanisme reaksi ionic.

| Reaction type                            | Example  |
|--|--|
| 1. Autoprotolysis                        | $2 \text{ H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$  |
| 2. Protonation                           | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH}_2^+ \end{array} + \text{H}_2\text{O}$   |
| 3. Deprotonation by OH <sup>-</sup> -ion | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \text{HO}^- \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{O}^- \end{array} + \text{H}_2\text{O}$   |
| 4. Dehydration                           | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH}_2^+ \quad \text{OH} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$  |
| 5. Keto-enol-tautomerization             | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{OH} \end{array}$  |
| 6. Acetalization                         | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \xrightleftharpoons{\text{H}_3\text{O}^+} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ |
| 7. Aldol condensation                    | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} + \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \xrightleftharpoons{\text{HO}^-} \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$   |

Telah banyak dilakukan penelitian mengenai degradasi gliserol dengan berbagai metode antara lain : Qadariah et al (2014), Buhler *et al.* (2002), Watanabe *et al.* (2007), dan sebagainya.

## 2.3 Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik didefinisikan sebagai frekuensi diluar respon pendengaran manusia. Batas pendengaran normal antara 16-18 kHz dan ultrasonik memiliki batas frekuensi antara 20 kHz hingga 100 MHz. Hanya beberapa hewan, seperti lumba – lumba menggunakannya untuk komunikasi, sedangkan kelelawar menggunakan gelombang ultrasonik untuk navigasi. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (di atas) frekuensi gelombang suara (sonik). Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair, gas. Refletivitas dari

gelombang ultrasonik ini di permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat, tapi pada tekstil dan busa, maka jenis gelombang ini akan diserap. Untuk keperluan sonokimia menggunakan frekuensi antara 20-40 kHz dimana pada batasan inilah peralatan laboratorium biasa digunakan. Medan ultrasonik akan menghasilkan efek kimia dan fisika yang diakibatkan oleh meledaknya gelembung kavitasi mikro yang disebabkan getaran ultrasonik, sehingga efek tersebut yang berdampak terjadinya proses sonokimia. Kelebihan gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar, bersifat langsung dan mudah difokuskan. Jarak suatu benda yang memanfaatkan *delay* gelombang pantul dan gelombang datang seperti pada sistem radar dan deteksi gerakan oleh sensor pada robot atau hewan. (Mason, 1997).

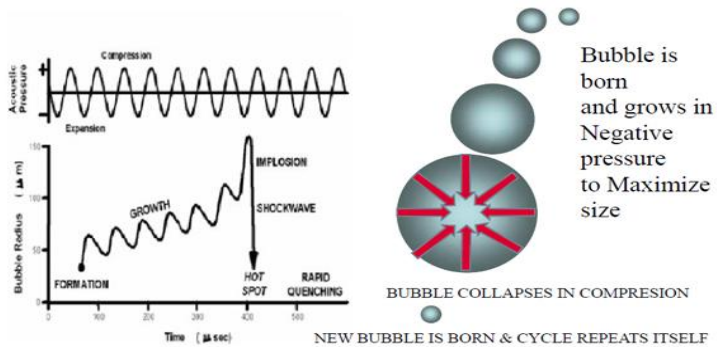
## 2.4 Sonikasi

Sonikasi adalah proses mengubah sinyal listrik menjadi getaran fisik yang dapat diarahkan untuk suatu bahan dengan menggunakan alat yang bernama sonikator. Sonikasi ini biasanya dilakukan untuk memecah senyawa atau sel untuk pemeriksaan lebih lanjut. Getaran ini memiliki efek yang sangat kuat pada larutan, menyebabkan pecahnya molekul dan putusnya sel. Sebuah contoh utama adalah dalam pengujian DNA, di mana sel-sel yang berisi informasi DNA dikenai sonikasi untuk memisahkan dan melepaskan protein DNA sehingga dapat diuji.

Bagian utama dari perangkat sonikasi adalah generator listrik ultrasonik. Perangkat ini membuat sinyal (biasanya sekitar 20 kHz) yang berkekuatan ke transduser. Transduser ini mengubah sinyal listrik dengan menggunakan kristal piezoelektrik, atau kristal yang merespon langsung ke listrik dengan menciptakan getaran mekanis dan kemudian dikeluarkan melewati *probe*. *Probe* sonikasi mengirimkan getaran ke larutan yang disonikasi. *Probe* ini akan bergerak seiring dengan getaran dan mentransmisikan ke dalam

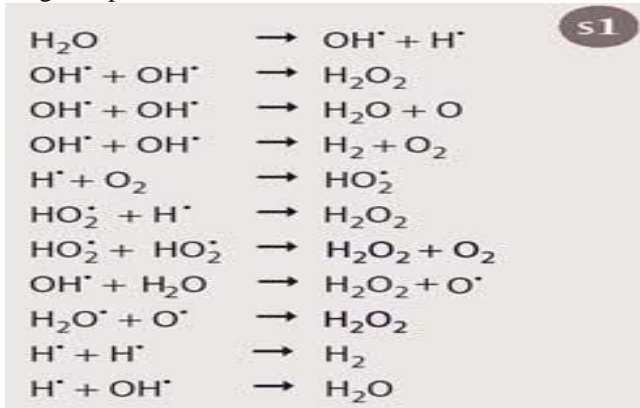
larutan. Probe bergerak naik dan turun pada tingkat kecepatan yang tinggi, meskipun amplitudo dapat dikontrol dan dipilih berdasarkan kualitas larutan yang disonikasi. Gerakan cepat probe menimbulkan efek yang disebut kavitasi. Kavitasi terjadi ketika getaran membuat serangkaian gelembung mikroskopis dalam larutan, jarak dari kantong yang berada diantara molekul yang terbentuk dan kemudian jatuh dibawah berat dari larutan, mengirimkan gelombang listrik kecil ke dalam substansi sekitarnya. Ribuan gelembung ini terbentuk dan jatuh terus menerus membentuk siklus gelombang dengan getaran yang kuat ke dalam larutan dan memecahkan bagian sel didalam larutan. (Tyler Lacombe, eHow Contributor)

Efek kimia ultrasonik yang dihasilkan dari wilayah *hot spot* menghasilkan reaksi yang sama dengan reaksi pada air yang terjadi pada kondisi super kritis. Mekanisme pecahnya gelembung oleh efek sonokimia dapat diilustrasikan pada Gambar 2.3 dibawah ini.



**Gambar II.3** Mekanisme Collapsing bubble pada peristiwa sonokimia (Suslick, 1994)

Pecahnya gelembung pada peristiwa tersebut menyebabkan timbulnya lonjakan suhu dan tekanan yang sangat tinggi, yaitu mencapai 6000 K dan 1000 atm (Suslick, 1994). Peristiwa tersebut menyebabkan perusakan ikatan senyawa kimia dimana air akan terurai secara radikal mengikuti persamaan reaksi berikut :



**Gambar II.4** Reaksi penguraian air secara radikal (Suslick, 1994)

Terdapat 2 (dua) karakter paling penting dari sonokimia yaitu :

- Tercapainya tekanan dan temperatur yang sangat tinggi di akhir pembentukan gelembung merupakan sarana penyedia energy dalam cairan. Keadaan ini memungkinkan dihasilkannya radikal OH yang sangat reaktif dari molekul H<sub>2</sub>O yang berfungsi sebagai komponen inisiasi reaksi kimia.
- Jika reaksi kimia melibatkan bahan padat, maka reaksi terjadi di daerah permukaan partikel padatan (Gong, 1999)

Beberapa keunggulan pada penggunaan teknologi ultrasonik dalam aplikasinya pada berbagai macam pati dan polisakarida adalah (Lida, 2002):

1. Proses ultrasonik tidak membutuhkan penambahan bahan kimia dan bahan tambahan lain.
2. Prosesnya cepat dan mudah, yang berarti prosesnya tidak memerlukan biaya tinggi.
3. Prosesnya tidak mengakibatkan perubahan yang signifikan pada struktur kimia, partikel, dan senyawa-senyawa bahan yang digunakan.

Hal-hal yang mempengaruhi kemampuan ultrasonik untuk menimbulkan efek kavitasi yang diaplikasikan pada produk pangan antara lain karakteristik ultrasonik seperti frekuensi, intensitas, amplitudo, daya, karakteristik produk (seperti viskositas, tegangan permukaan) dan kondisi sekitar seperti suhu dan tekanan (Williams, 1983).

Pada reaksi yang menggunakan bahan padat, ultrasonik dapat memecah padatan dari energi yang ditimbulkan oleh runtuhnya kavitasi yang melaluinya. Efeknya adalah memberikan komponen reaktan padat luas permukaan yang lebih besar untuk meningkatkan laju reaksi (Suslick, 1994).

Dalam hal kinetika kimia, ultrasonik dapat meningkatkan kereaktifan kimia pada suatu sistem yang secara efektif bertindak sebagai katalis untuk lebih mereaktifkan atom – atom dan molekul dalam sistem. Pada reaksi yang menggunakan bahan padat, ultrasonik ini berfungsi untuk memecah padatan dari energi yang ditimbulkan akibat runtuhnya kavitasi. Dampaknya ialah luas permukaan padatan lebih besar sehingga laju reaksi meningkat (Suslick, 1990).

Semakin lama waktu sonikasi, ukuran partikel cenderung lebih homogen dan mengecil yang akhirnya menuju ukuran nanopartikel yang stabil serta penggumpalan pun semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena gelombang kejut pada metode sonikasi dapat memisahkan

penggumpalan partikel (*agglomeration*) dan terjadi dispersi sempurna dengan penambahan surfaktan sebagai penstabil.

Menurut Gogate dkk (2006) berkaitan dengan reaksi kimia, kavitasi dapat mempengaruhi hal berikut :

- a. Mengurangi waktu reaksi
- b. Meningkatkan yield dalam reaksi kimia
- c. Mengurangi “force” suhu dan tekanan
- d. Mengurangi periode induksi dan reaksi yang diinginkan
- e. Meningkatkan selektivitas
- f. Membangkitkan radikal bebas.

#### **2.4.1 Jenis – jenis Sonikasi**

1. *Direct Sonication* atau sonikasi langsung (memasukkan *probe* langsung ke dalam pembuluh sampel) adalah cara yang paling umum untuk memproses sampel. Energi dialirkan dari *probe* langsung ke sampel dengan tinggi intensitas dan sampel diproses dengan cepat. Diameter ujung *probe* menentukan volume cairan yang dapat diproses secara efektif. Diameter ujung yang lebih kecil (*probe microtip*) memberikan sonikasi dengan intensitas yang lebih tinggi dan energi yang terfokus. Diameter ujung yang lebih besar dapat memproses volume yang lebih besar, tetapi menghasilkan intensitas yang lebih rendah. *Booster* dan *High Gain Horns* dapat digunakan untuk meningkatkan output *probe* yang memiliki diameter besar. *Probe* yang digunakan sebaiknya terbuat dari titanium.





**Gambar II.5** Gambar dari *Direct sonication*

2. *Indirect sonication* atau sonikasi tidak langsung ini tidak menggunakan probe untuk dikontakkan dengan larutan. Teknik ini sering digambarkan sebagai *bath ultrasonic* intensitas tinggi. Energi ultrasonik dialirkan melalui *probe*, dan kontak dengan air lalu masuk ke dalam vessel yang berisi sampel. Sonikasi tidak langsung adalah metode sonikasi yang paling efektif untuk sampel yang berukuran sangat kecil karena resiko pembentukan busa dan kehilangan sampel dapat dihilangkan serta mencegah kontaminasi silang. Piala Horn dan lempeng Horn menunjukkan sonikasi tidak langsung ini sangat ideal untuk banyak pengaplikasian.



**Gambar II.6** Alat untuk *Indirect Sonication*

## 2.4.2 Jenis Sistem Proses Sonikasi

Pada kavitasi gelembung memiliki berbagai efek dalam media cair tergantung pada jenis sistem di mana ia dihasilkan. Sistem ini secara garis besar dapat dibagi ke dalam cairan homogen, heterogen padat / cair dan heterogen cair / cair. Dalam sistem kimia ini tiga kelompok mewakili kebanyakan situasi pengolahan.

### 1. Sistem Homogen

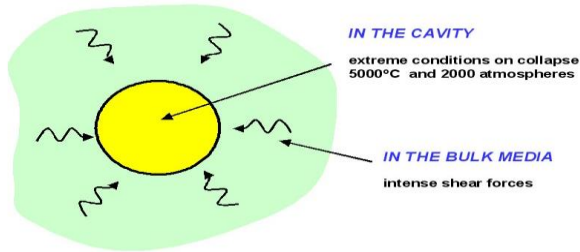
Sistem homogen adalah sistem yang terdiri dari campuran 2 bahan atau lebih dalam fase yang sama. Misalnya, sejumlah kecil garam (NaCl) dimasukkan kedalam air, garam perlahan akan menghilang. Garam yang telah dimasukkan larut dalam air membentuk suatu zat yang berbeda dengan sifat murninya.

Karakteristik sistem homogen antara lain:

- a. Bidang batas antar komponen penyusun tidak ada.
- b. Komposisi komponen penyusun di setiap bagian campuran sama.
- c. Komponen padat dan komponen cair tidak memisah.

Pada reaksi homogen fase cair, seluruh liquid berada di sekitar gelembung di mana gelembung menghasilkan gaya geser yang dapat menghasilkan efek mekanik dan dalam gelembung itu sendiri di mana berbagai jenis pembentukannya akan mengalami kondisi ekstrim dari suhu dan tekanan pada pecahnya gelembung menyebabkan efek kimia seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut:

**ACOUSTIC CAVITATION**  
*in a homogeneous liquid medium*



**Gambar II.7** Kavitasi akustik dalam cairan homogen

## 2. Sistem Heterogen

Sistem heterogen adalah sistem yang terdiri dari dua bahan atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda, misalnya pasir yang dimasukkan kedalam air. Sistem ini merupakan suatu campuran dengan fase yang berbeda yaitu pasir dalam ase padat dan air dalam fase cair. Karakteristik sistem heterogen antara lain:

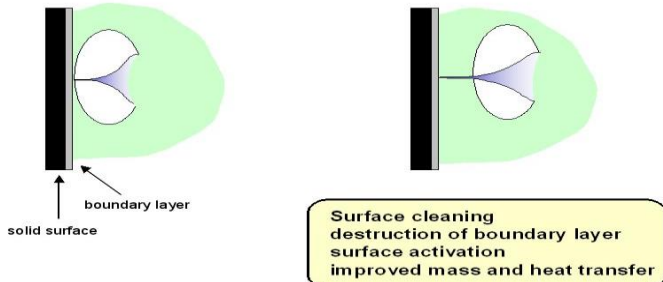
- a. Ada bidang batas antar komponen penyusunnya.
- b. Komposisi komponen penyusun disetiap bagian ampurannya tidak sama.
- c. Komponen padat akan memisah jika didiamkan.

Tidak seperti kavitasi yang memecahkan gelembung dalam *bulk* cairan, pecahnya gelembung kavitasi pada atau dekat dengan permukaan padatan pada sistem heterogen solid-liquid adalah tidak simetris karena permukaan memberikan resistensi terhadap aliran cairan dari sisi itu. Hasilnya adalah arus masuk cairan terutama dari sisi gelembung dari permukaan menghasilkan tumbukan cairan yang kuat (Gambar II.6). Efeknya adalah setara dengan pengaliran tekanan tinggi dan merupakan penyebab ultrasonik digunakan untuk membersihkan. Efek ini juga dapat mengaktifkan katalis padat dan meningkatkan massa dan transfer panas ke permukaan oleh gangguan dari lapisan batas antar muka.

## **ACOUSTIC CAVITATION**

**Collapse at or near a solid surface**

**Inrush of liquid from one side of the collapsing bubble produces powerful jet of liquid targeted at surface**



**Gambar II.8** Kavitasi pecahnya gelembung pada atau dekat permukaan padatan pada sistem heterogen

## **2.5 Katalis**

### **2.5.1 Pengertian Katalis**

Katalis adalah suatu zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi kimia dengan tujuan untuk memperbesar kecepatan reaksi. Katalis ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain, pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi. Katalis mempercepat reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan terjadinya reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi.

Katalis mempercepat laju reaksi dengan cara menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Adanya penambahan katalis akan menyebabkan terbentuknya tahap-tahap reaksi

tambahan, yaitu tahap pengikatan katalis dan tahap pelepasan katalis pada akhir reaksi. Katalis ini bersifat spesifik, artinya hanya berfungsi untuk suatu reaksi tertentu. Dengan kata lain penambahan katalis memberikan jalan baru bagi reaksi yang memiliki energi aktivasi yang lebih rendah, sehingga lebih banyak molekul yang bertumbukan pada suhu normal dan laju reaksi semakin cepat. Jadi, penambahan katalis pada suatu reaksi kimia dapat menurunkan energy aktivasi reaksi sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

Katalis terbagi dua jenis, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang memiliki fasa yang sama dengan pereaksi. Pada katalis homogen, setelah reaksi selesai katalis akan bercampur dengan hasil reaksi. Katalis memang dapat diperoleh kembali, namun biaya pemisahan katalis dari produk sangat tinggi sehingga sangat tidak menguntungkan.

Jenis katalis yang kedua adalah katalis heterogen. Katalis heterogen memiliki fasa yang berbeda dengan pereaksi sehingga katalis heterogen dapat diperoleh dengan mudah di akhir reaksi.

### **2.5.2 Katalis Heterogen**

Adalah katalis yang wujudnya berbeda dengan wujud reaktannya. Reaksi zat-zat yang melibatkan katalis jenis ini, berlangsung pada permukaan katalis tersebut. Proses katalitik katalis heterogen lebih kompleks dibandingkan dengan proses katalitik homogen. Tahapan reaksi yang terlibat dalam proses katalisis heterogen, yaitu :

1. Transport reaktan ke permukaan katalis yang terjadi pada pusat-pusat aktif.
2. Interaksi antara reaktan dengan katalis. interaksi ini berupa pelemahan ikatan dari molekul yang teradsorb.

3. Reaksi molekul molekul reaktan yang teradsorpsi pada permukaan katalis membentuk kompleks teraktifkan
4. Desorpsi molekul molekul produk dari permukaan katalis, ikatan antara produk dan katalis lebih lemah sehingga akhirnya terlepas.
5. Transport produk untuk menjauhi katalis.

(Harfani,2009)

Katalis heterogen memiliki tiga komponen yaitu fasa aktif, promotor dan penyangga. Fasa aktif merupakan sisi aktif dari katalis yang merupakan tempat terjadinya reaksi pada katalis. Semakin luas permukaan fasa aktif, maka aktivitas akan semakin baik. Fasa aktif tersebut biasanya tersebar dalam suatu penyangga. Dengan kata lain, penyangga berperan dalam hal sebaran fasa aktif. Semakin luas permukaan penyangga, maka fasa aktif akan tersebar lebih banyak sehingga akan meningkatkan aktivitas. Penyangga juga berfungsi untuk menstabilkan katalis. Reaksi dengan menggunakan katalis heterogen biasanya dijalankan pada suhu tinggi. Pada suhu tinggi fasa aktif mudah terdekomposisi sehingga penyangga biasa digunakan untuk mencegah dekomposisi fasa aktif.

Komponen lain pada katalis heterogen adalah promotor. Promotor berfungsi untuk memperbaiki kinerja katalis. Misalnya untuk mencegah sintering, untuk mencegah reaksi samping dan lain-lain. Fasa aktif, penyangga dan promotor merupakan komponen katalis heterogen, namun tidak semua katalis heterogen memiliki ketiga komponen tersebut. Ada juga katalis yang hanya berupa zat aktif dengan penyangga atau zat aktif dengan promotor.

Berbagai penelitian degradasi gliserol menggunakan katalis heterogen telah dilakukan oleh peneliti peneliti terdahulu :

Tabel II.4 Penggunaan katalis heterogen pada penelitian sebelumnya

| Peneliti                      | Katalis   | Kondisi operasi  | Hasil  |
|-------------------------------|---|--|--|
| Yuyun, dkk (2012)             | MgSO <sub>4</sub>   | - hidrotermal :<br>T= 200 – 400 °C<br>P= 250 kgf/cm <sup>2</sup><br>t= 10 – 30 menit<br>- sonikasi<br>T= 40 – 60 °C<br>t = 10 – 60 menit<br>f= 37 dan 42 kHz | Konversi Gliserol tertinggi 58,9 dan pada kondisi 350 °C, 30 menit. Yield terbesar 44,5 % mol <i>acetaldehid</i> pada 350 °C dan 30 menit (hidrotermal).<br>Konversi Gliserol terbesar 80,1 % pada 60 °C dan 60 menit. Yield <i>methanol</i> tertinggi 41,4 % pada 60 °C dan 30 menit (sonikasi) |
| Sánchez <i>et al</i> , (2014) | Katalis $\gamma$ -alumina tanpa modifikasi dan $\gamma$ -alumina yang telah dimodifikasi dengan bahan alkali metal, seperti : litium, | Dewhidrasi Gliserol pada T sekitar 350 °C pada kondisi atmosferik.   | Hasil yang diperoleh adalah <i>allyl alcohol</i> , <i>acrolein</i> , <i>ethanol</i> , dan <i>hidroxyacetone</i> .  |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | potassium,<br>rubidium,<br>dan<br>sebagainya. |  |  |
| Ott L,<br>Bricker<br>M,<br>Vogel H<br>(2006) | ZnSO <sub>4</sub>                             | Flow reactor<br>SS <sup>b</sup> 1.4401.<br>T = 573 – 663<br>K<br>P = 25 – 34<br>MPa<br>Waktu reaksi :<br>10 – 60 detik   | Hasil yang<br>diperoleh adalah<br><i>Acrolein</i> dengan<br>80% konversi<br>gliserol |
| Miranda,<br><i>et al</i><br>(2013)           | Katalis<br>Ni/ $\gamma$ -<br>alumina          | Konversi<br>gliserol<br>dengan<br><i>process step</i> :<br>dehidrasi,<br>dehidrogenasi,<br>dan<br>hidrogenolisis<br>menggunakan<br>fixed bed<br>down flow<br>reactor pada<br>T = 573 K<br>selama 6 jam | <i>Hidroksiasetone</i> ,<br>, <i>acetaldehid</i> , dan<br><i>methan</i> .            |

### 2.5.3 Katalis $\gamma$ -alumina

Katalis  $\gamma$ -alumina merupakan salah satu bentuk alumina metastabil atau alumina transisi yang didapat dari pemanasan Boehmite dibawah pemanasan 600°C .  $\gamma$ -alumina sering dipakai sebagai adsorben dan katalis karena memiliki luas permukaan yang besar (150-300 m<sup>2</sup>/g) , volume pori yang besar (0,5 – 1 cm<sup>3</sup>/g), ukuran pori yang besar (0,15 – 1



cm<sup>2</sup>/g) dan relatif stabil untuk rentang suhu katalisis . Selain itu ,  $\gamma$ -alumina juga memiliki sifat lainnya yaitu murah, stabil pada suhu tinggi , stabil secara fisik, dan mempunyai kekuatan fisik yang tinggi (*Harfani,2009*).

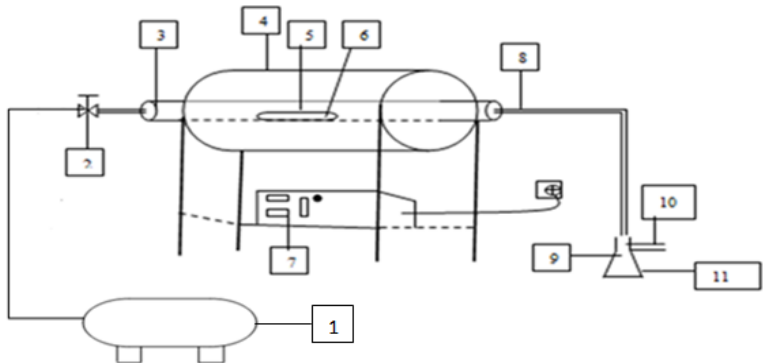
## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Deskripsi Penelitian

Secara garis besar, penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi operasi optimum yang meliputi suhu, temperatur, dan mengetahui pengaruh penggunaan katalis, agar diperoleh konversi gliserol dan *yield* produk terbaik dalam degradasi gliserol dengan Teknologi Sonikasi.

### 3.2 Alat Penelitian

#### 3.2.1 Peralatan Kalsinasi



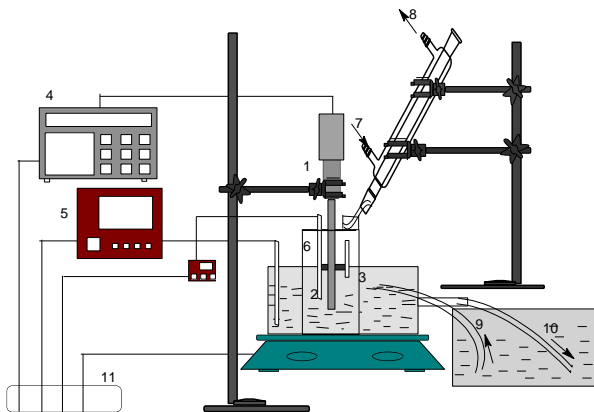
Gambar 3.1 Peralatan Reaktor Kalsinasi

Keterangan Gambar:

1. Generator
2. *Valve tube* udara
3. Reaktor Kalsinasi
4. *Furnace*

5. *Crucible boat*
6. Katalis
7. *Panel control furnace*
8. *Tube gas outlet*
9. Erlenmeyer
10. Gas keluar
11. Air

### 3.2.2 Peralatan Sonikasi



Gambar 3.2 Peralatan Sonikasi

Keterangan Gambar:

1. Probe ultrasonic
2. Reaktor
3. *Water bath*
4. Generator Ultrasonik
5. *Thermostat*
6. *Termocouple*
7. Air pendingin masuk
8. Air pendingin keluar
9. Air masuk

10. Air keluar
11. Sumber Listrik

### 3.3 Bahan Penelitian

1. Gliserol *for Analysis* 99,5%
2. Katalis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
3. Aquadest

### 3.4 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Tekanan : 1 atm
2. Rasio massa gliserol – air : 1:12
3. Katalis :  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
4. Waktu Sonikasi : 10, 30, 50, 70, 90 menit
5. Suhu Sonikasi : 30, 40, 50, 60 °C

### 3.5 Parameter yang Dianalisa

#### 3.5.1 Katalis

1. Luas permukaan dan diameter pori katalis dengan menggunakan analisa BET.
2. Fase kristal katalis dengan menggunakan analisa XRD.

#### 3.5.2 Produk

1. % *Konversi* gliserol dengan menggunakan analisa metode Titration.
2. % *Yield* Gliserol dengan menggunakan analisa GC.

### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 3.6.1 Prosedur Preparasi Katalis

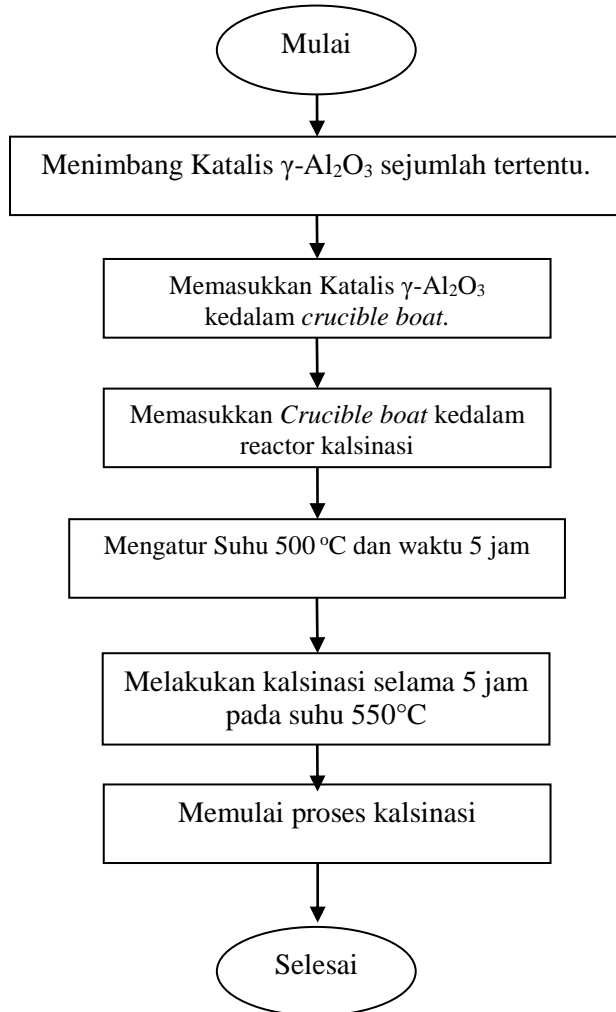
1. Menimbang Katalis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sejumlah tertentu.
2. Memasukkan Katalis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kedalam *crucible boat*.
3. Memasukkan *Crucible boat* kedalam reactor kalsinasi

4. Mengatur Suhu 500 °C dan waktu 5 jam
5. Melakukan kalsinasi selama 5 jam pada suhu 500°C

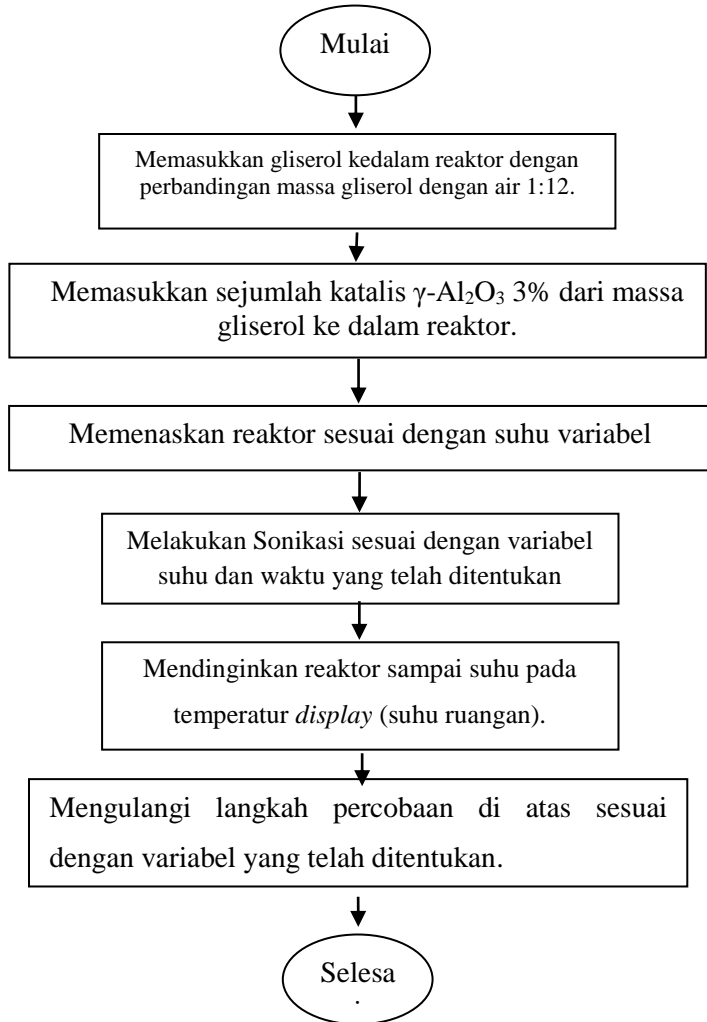
### **3.6.2 Prosedur Sonikasi dengan Katalis**

1. Memasukkan sejumlah gliserol kedalam reaktor dengan perbandingan massa gliserol dengan air 1:12.
2. Memasukkan sejumlah katalis  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  3% dari massa gliserol ke dalam reaktor.
3. Memanaskan reaktor sesuai dengan variabel suhu.
4. Melakukan Sonikasi sesuai dengan variabel suhu dan waktu yang telah ditentukan.
5. Mendinginkan reaktor sampai suhu pada temperatur *display* (suhu ruangan).
6. Mengeluarkan sampel dari reaktor.
7. Menganalisa sampel dengan menggunakan analisa GC untuk mengetahui produk terbentuk.
8. Mengulangi langkah percobaan di atas sesuai dengan variabel yang telah ditentukan dan Sonikasi dengan dan tanpa menggunakan Katalis.

### 3.6.3 Diagram Blok Metode Preparasi Katalis



### 3.6.4 Diagram Blok Metode Sonikasi dengan Katalis



### 3.6.5 Analisa Gas Chromatography (GC)

Analisa Kadar Produk Terbentuk

*Spesifikasi alat gas chromatography*

- Jenis alat = hp
- Jenis *detector* = FID, 300°C
- Jenis kolom = capillary coloumn

*Kondisi operasi*

- Suhu kolom awal = 60°C selama 3 menit
- *Rate* kenaikan suhu kolom = 9°C/menit
- Suhu kolom akhir = 300°C
- *Carrier gas* = He
- *Split ratio* = 1 : 30



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 4

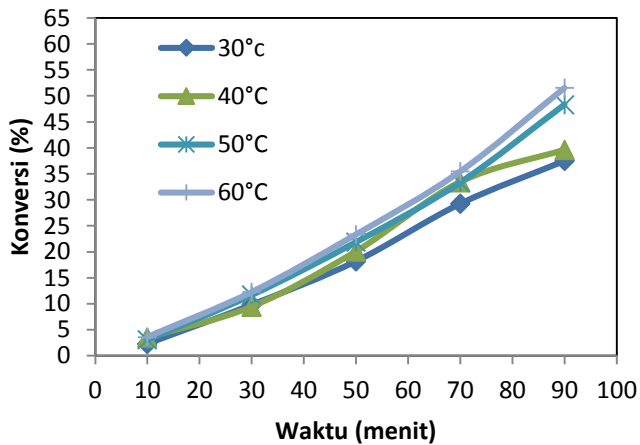
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Degradasi gliserol dengan menggunakan proses sonikasi adalah proses yang memanfaatkan energi yang dimiliki oleh gelombang mekanik (gelombang bunyi) yang dapat menimbulkan suhu dan tekanan yang sangat tinggi, yaitu mencapai 5000 K dan 1000 atm ketika gelembung pecah (Suslick, 1986). Sesaat sebelum gelembung pecah, pada permukaan gelembung terjadi adsorpsi senyawa organik (Okitsu, 2008) yang disertai dengan terurainya air menjadi OH<sup>-</sup> dan H<sup>+</sup>, maka OH<sup>-</sup> secara radikal bebas mendegradasi bahan organik tersebut sehingga terputus ikatan antar atomnya. Pada jalur reaksi radikal bebas, gliserol dapat terdegradasi menghasilkan berbagai produk utama diantaranya, *metanol*, *acrolein*, *acetaldehid*, *formaldehid* dan *allyl alkohol* (Buhler, 2002) Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari proses degradasi gliserol dengan teknologi sonokimia pada berbagai waktu dan temperatur sonikasi serta penggunaan katalis terhadap produk yang dihasilkan. Produk yang diharapkan nantinya antara lain adalah *methanol*, *Allyl alcohol* dan *acrolein*. Pada penelitian ini, larutan gliserol-air (1:12 (w/w)) dimasukkan kedalam reaktor tertutup yang dilengkapi dengan kondensor. Proses sonikasi dilakukan pada suhu sonikasi dari 30 hingga 60°C dan berbagai waktu sonikasi (10 hingga 90 menit). Katalis yang digunakan adalah  $\gamma$ -alumina dengan konsentrasi 3% berat gliserol. Setelah proses sonikasi, produk dianalisa menggunakan GC (Gas Chromatography) untuk mengetahui komposisi produk dan proses titrasi untuk mengetahui konsentrasi gliserol setelah dilakukan proses degradasi.

## 4.1 Degradasi Gliserol dengan Proses Sonikasi Tanpa Menggunakan Katalis

### 4.1.1 Pengaruh Proses Sonikasi Terhadap Konversi Gliserol Pada Berbagai Waktu dan Suhu Sonikasi

Untuk mengetahui banyaknya gliserol yang terkonversi, maka dibuat grafik hubungan antara konversi gliserol terhadap waktu sonikasi tanpa menggunakan katalis.

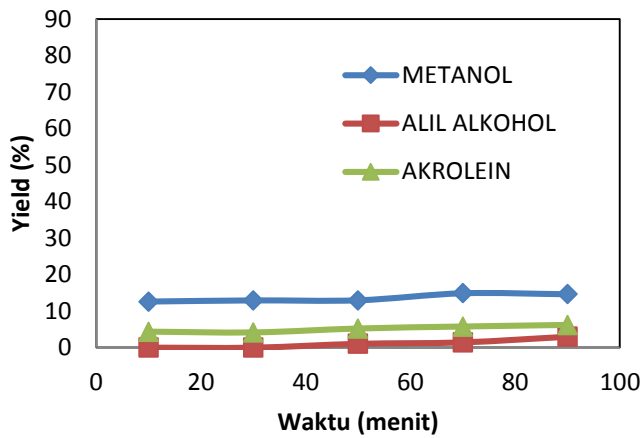


Gambar 4.1 Pengaruh proses sonikasi terhadap konversi gliserol pada berbagai suhu dan waktu sonikasi

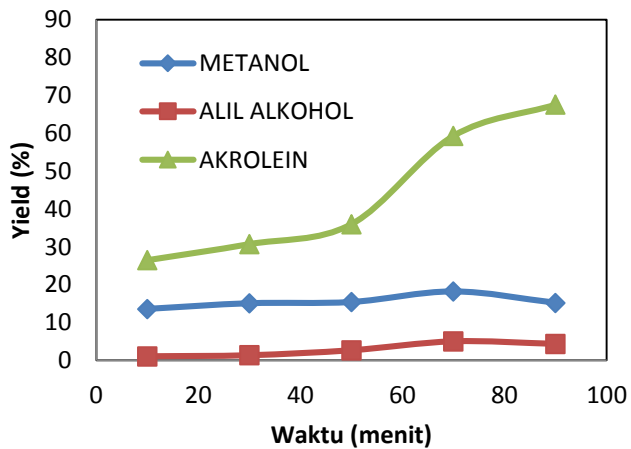
Pada Gambar 4.1 dapat dilihat pada suhu 30°C konversi tertinggi dicapai pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu 37,50%. Pada suhu 40°C konversi tertinggi dicapai pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu 39,63%. Pada suhu 50°C konversi tertinggi dicapai pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu 48,31%. Dan pada 60°C konversi tertinggi dicapai pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu sebesar 51,57 %

Gliserol terkonversi mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu sonikasi, hal ini disebabkan karena waktu sonikasi berpengaruh terhadap intensitas gelombang ultrasonik, dimana semakin lama waktu sonikasi dapat memperpanjang waktu terjadinya intensitas gelombang sehingga proses kavitasi juga semakin sering terjadi. Kavitasi ini menimbulkan dampak pada kondisi fisika dan kimia yang cukup ekstrem pada campuran. Adanya pengrusakan molekul reaktan yang disebabkan oleh meledaknya gelombang mikro selama proses kavitasi berlangsung, yang pada akhirnya dapat menurunkan konsentrasi gliserol yang kemudian meningkatkan konversinya. Hal tersebut juga sesuai dengan teori Williams, (1983) yang menyatakan bahwa efek kavitasi dipengaruhi beberapa hal antara lain frekuensi, amplitude, daya, suhu, waktu, dan tekanan. Juga Buhler dkk (2002) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka konversi yang diperoleh juga semakin besar.

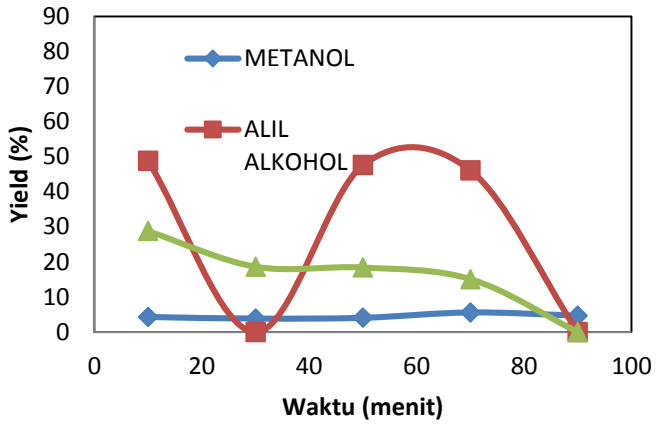
#### **4.1.2. Pengaruh Proses Sonikasi Terhadap Yield Produk Pada Berbagai Waktu dan Suhu Sonikasi**



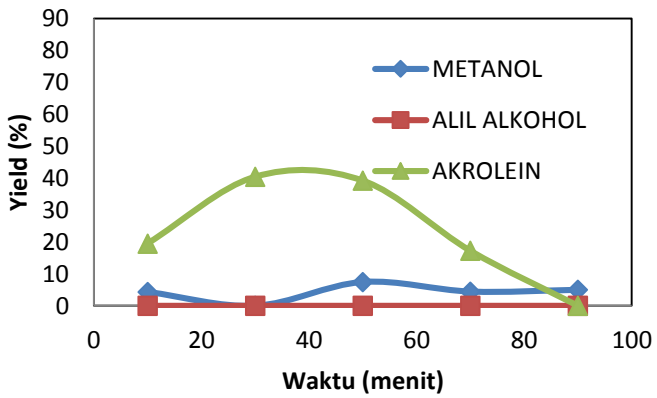
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.2 Pengaruh proses sonikasi tanpa katalis terhadap yield produk yang dihasilkan pada suhu (a) 30°C , (b) 40° C , (c) 50°C dan 60°C pada berbagai variabel waktu.

Pada Gambar 4.2 (a) pada variabel suhu 30°C tanpa katalis menunjukkan semakin lama waktu sonikasi maka yeield produk *methanol* cenderung semakin meningkat .Yield *methanol* tertinggi didapat pada waktu sonikasi 70 menit, yaitu sebesar 14,89 %. Yield *Allyl alcohol* cenderung meningkat, dimana yield *Allyl alcohol* tertinggi didapat pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu sebesar 2,97 %. Sedangkan yield *acrolein* cenderung meningkat pada waktu sonikasi 90 menit, dimana yield *acrolein* didapat sebesar 6,16%.

Gambar 4.2 (b) merupakan variabel suhu 40°C dimana yield produk *methanol*meningkat hingga waktu sonikasi 70 menit. Yield produk *methanol*didapat yaitu sebesar 18,17%. Yield *Allyl alcohol* pada waktu 70 menit sebesar 5,03 % dan yield *acrolein* pada waktu 90 menit sebesar 67,55 %.

Gambar 4.2 (c) merupakan variabel suhu 50°C tanpa katalis dimana yield produk *methanol* cenderung meningkat seiring lamanya waktu sonikasi. Sedangkan dengan yield *allyl alcohol* hasil masih fluktuatif mengalami penurunan pada saat 30 menit dan kembali meningkat pada waktu 50 menit kemudian kembali menurun lagi. Sedangkan yield *acrolein* semakin menurun seiring lamanya waktu sonikasi. Yield produk *methanol* diraih sebesar 5,56 % pada waktu 70 menit, *Allyl alcohol* sebesar 48,85% pada waktu 10 menit, dan *acrolein* sebesar 28,79% pada waktu 10 menit.

Gambar 4.2 (d) merupakan variabel suhu 60°C tanpa katalis dimana yield produk *methanol* masih fluktuatif dan yield tertinggi pada waktu 50 menit yaitu sebesar 7,47%. Sedangkan dengan yield *allyl alcohol* cendrung stabil 0%,sedangkan yield *acrolein* semakin menurun seiring lamanya waktu sonikasi. Yield *acrolein* sebesar 40,43% pada waktu 30 menit.Ketidakstabilan produk yang dihasilkan

mengindikasikan bahwa fenomena gelombang ultrasonik sebagai media pemecah bahan organik memiliki sifat yang spontan dan sulit untuk diarahkan pada suatu produk tertentu (Buhler dkk, 2002).

## **4.2. Proses Degradasi Gliserol dengan Teknologi Sonikasi Menggunakan Katalis $\gamma$ -alumina.**

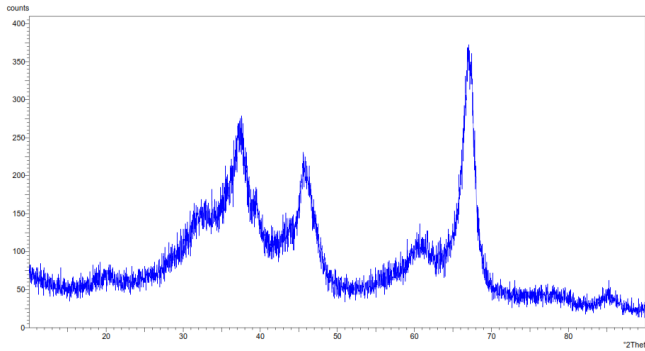
Perlakuan berbeda pada sampel juga dilakukan pada penelitian ini, yaitu dengan penambahan katalis  $\gamma$ -alumina pada sampel. Tujuan Penambahan katalis disini adalah agar reaksi degradasi gliserol cenderung membentuk produk yang spesifik dengan selektivitas yang tinggi. Dalam penelitian ini, produk yang diharapkan terbentuk antara lain *methanol*, *allyl alcohol*, dan *acrolein*. Sánchez et al (2014) menyebutkan bahwa Penambahan katalis  $\gamma$ -alumina pada proses konversi gliserol akan memperbesar yield *Allyl alcohol* dan memperbesar selektivitas produk ke *acrolein*. Maka digunakan katalis  $\gamma$ -alumina dalam penelitian ini. Berikut adalah pembahasan mengenai proses sonikasi gliserol dengan keberadaan katalis  $\gamma$ -alumina.

### **4.2.1. Hasil Uji Karakterisasi Katalis**

Analisa XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalis dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta mendapatkan ukuran partikel. Difraktometer sinar X merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi cuplikan berupa Kristal dengan pancaran radiasi gelombang elektromagnetik sinar - X .

Pola XRD diperoleh dengan menggunakan X'Pert Phillips dengan K-alpha radiasi panjang gelombang 1.54060 angstrom, diantara sudut  $20.0084^\circ$  dan  $69,9884^\circ$  dalam  $2\theta$ . Puncak puncak peak pada gambar 1 menunjukkan relatif intensity dari Kristal yang terdapat dalam katalis dan tabel 1 adalah data sudut saat munculnya peak.





Gambar 4.4 : Hasil analisa XRD katalis  $\gamma$ -alumina

Tabel 4.1 : Data sudut munculnya relative intensity

| Pos. [ $^{\circ}$ 2Th.] | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(database JCPDS no.47 – 1308) |
|-------------------------|---|
| 20,25344                | 37,6033   |
| 39,45331                | 39,4909   |
| 45,64766                | 45,7884   |
| 48,37427                | 48,9290   |

(Oktarinda, 2012)

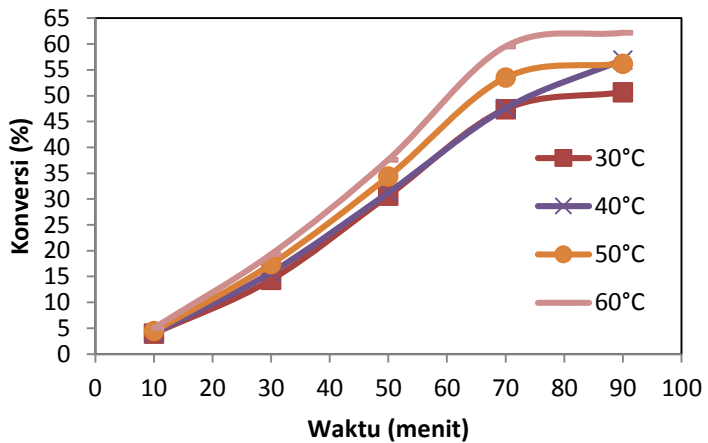
Dari data sudut munculnya relative intensity tersebut dapat dilihat bahwa sudut sudut pada katalis  $\gamma$ -alumina memiliki kemiripan dengan sudut  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada standar JCPDS  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Maka dapat dikatakan bahwa proses kalsinasi katalis  $\gamma$ -alumina telah berhasil mengaktifasi katalis dan menghilangkan pengotor /racun pada katalis sehingga sudut sudut pada katalis mirip dengan sudut standarnya.

Uji sifat fisik katalis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah karakterisasi luas permukaan katalis dan diameter pori yang diidentifikasi menggunakan analisa BET. Dari hasil analisa BET didapat katalis  $\gamma$ -alumina yang telah dikalsinasi memiliki surface area 121,41 m<sup>2</sup>/g dengan

diameter pori sebesar 6,122 nm. Nilai surface area pada katalis tersebut berada dalam kategori tinggi (high surface area), dimana kisarannya sekitar 100 – 500 m<sup>2</sup>/g. dan nilai diameter pori yang didapat setelah proses kalsinasi menunjukkan bahwa katalis  $\gamma$ -alumina yang akan dipakai menurut IUPAC berada dalam kategori mesopori (pori sedang), yaitu berkisar 2- 10 nm. Maka dapat disimpulkan proses kalsinasi telah berhasil mengaktifkan katalis dengan cara memperluas *surface area* dan memperbesar diameter pori katalis . Perbesaran luas permukaan katalis akan menambah kereaktifan katalis ( Oktarinda *et al* , 2012).

#### **4.2.1 Pengaruh Proses Sonikasi Terhadap Konversi Gliserol Pada Berbagai Waktu dan Suhu Sonikasi**

Untuk mengetahui banyaknya gliserol yang terkonversi, maka dibuat grafik hubungan antara konversi gliserol terhadap waktu sonikasi dengan menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina.



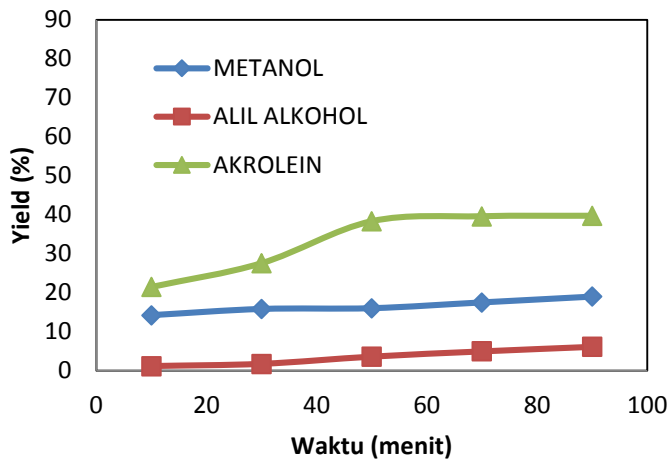
Gambar 4.5 Hubungan waktu sonikasi terhadap konversi gliserol pada berbagai variabel suhu tanpa menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina.

Pada Gambar (4.5) pada variabel sampel menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina dapat dilihat bahwa pada suhu 30° C didapat konversi tertinggi pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu sebesar 50,65 %. Pada suhu 40° C didapat konversi tertinggi pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu sebesar 56,91%. Pada suhu 50° C didapat konversi tertinggi pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu sebesar 56,19%. Sedangkan pada suhu 60°C didapat konversi tertinggi pada waktu sonikasi 90 menit, yaitu sebesar 62,17%

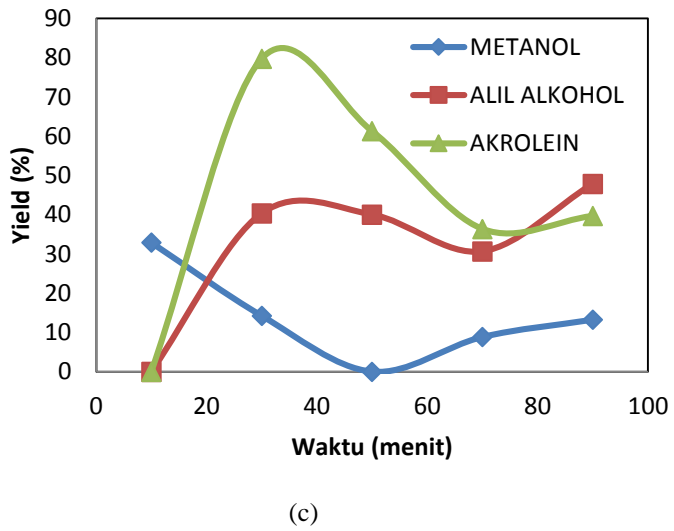
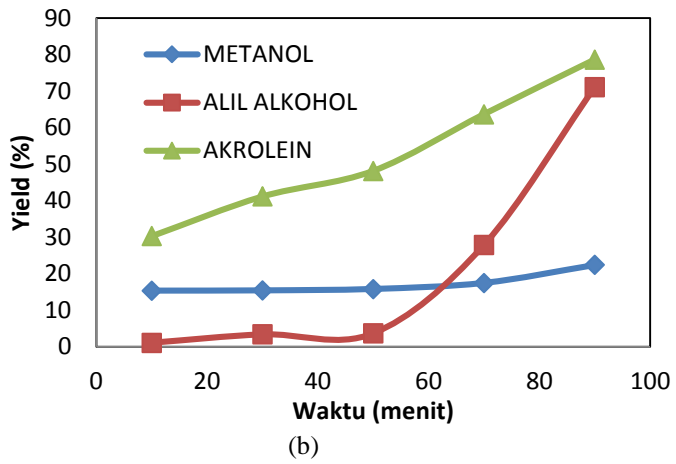
Dari Gambar (4.5) diatas dapat dilihat kecenderungan bahwa semakin tinggi suhu reaksi maka konversi gliserol semakin besar , hal ini disebabkan air terurai menjadi ion ionnya yang memiliki kecenderungan bereaksi dengan gliserol. Sebenarnya konversi gliserol yang terjadi pada peristiwa sonikasi dalam penelitian ini tidak hanya terkonversi menjadi *methanol*, *allyl alcohol*, dan *acroleinsaja*

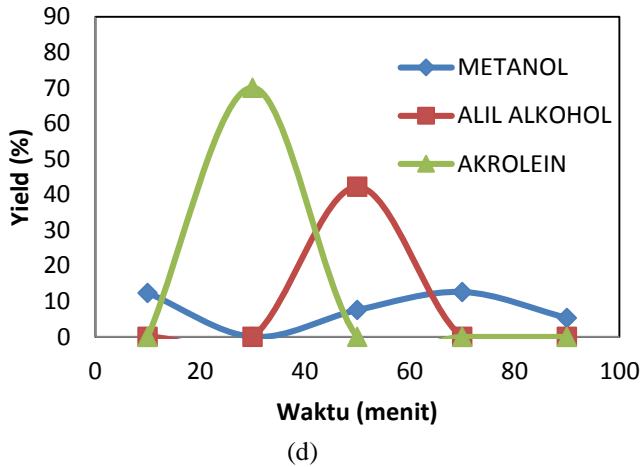
, masih ada beberapa senyawa yang kemungkinan terbentuk melalui proses sonikasi ini yang tidak kami identifikasi, antara lain *asetaldehid*, *ethanol*, *1,2- propanediol* dan sebagainya.

#### 4.2.2. Pengaruh Keberadaan Katalis $\gamma$ -alumina Terhadap Yield Produk yang Dihasilkan Pada Berbagai Suhu dan Waktu Sonikasi.



(a)





Gambar 4.6 : Pengaruh proses sonikasi menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina terhadap yield produk yang dihasilkan pada suhu (a) 30°C , (b) 40° C , (c) 50°C dan (d) 60° pada berbagai waktu sonikasi

Pada Gambar 4.6 (a) pada variabel suhu 30°C menunjukkan nilai yield *methano* l semakin meningkat. Yield *methanol* tertinggi didapat pada waktu sonikasi 30 menit sebesar 1,45 %. *Allyl alcohol* menunjukkan kecenderungan nilai yield yang konstan, dengan yield tertinggi pada waktu sonikasi 50 menit, yaitu sebesar 5,50 %. Sedangkan pada produk *acrolein*, yield meningkat pada waktu sonikasi 30 menit dan menjadi yield *acrolein* tertinggi , yaitu sebesar 18,88 %.

Pada Gambar 4.6 (b) pada variabel suhu 40°C menunjukkan yield produk *methanol* menunjukkan yield *methanol* cenderung stabil seiring lamanya waktu sonikasi tetapi meningkat pada suhu 50 menit. Yield *methanol*

tertinggi didapat pada waktu sonikasi 90 menit sebesar 22,40 %. Produk *Allyl alcohol* cenderung naik dan meningkat drastis pada waktu 50 menit, yield yang terbentuk sebesar 71,06% pada waktu 90 menit dan yield *acrolein* meningkat hingga waktu sonikasi 90 menit, yield *acrolein* tertinggi didapat sebesar 78,64 %.

Pada Gambar 4.6 (c) pada variabel suhu 50°C menunjukkan yield produk *methanol* menurun hingga waktu sonikasi 50 menit, kemudian mengalami peningkatan setelahnya. Produk *Allyl alcohol* meningkat pada waktu sonikasi 30 menit sehingga yieldnya sebesar 47,83%. Sedangkan yield *acrolein* cenderung menurun pada waktu sonikasi 30 menit seiring lamanya waktu sonikasi kemudian meningkat kembali setelah waktu sonikasi 70 menit. Didapat yield *methanol* tertinggi sebesar 32,89% pada waktu sonikasi 10 menit dan yield *acrolein* tertinggi sebesar 79,71% pada waktu sonikasi 30 menit. *Acrolein* merupakan produk dengan yield tertinggi pada variabel ini.

Pada Gambar 4.6 (d) pada variabel suhu 60°C menunjukkan nilai yield masih fluktuatif, yield *methanol* tertinggi didapat pada waktu sonikasi 70 menit sebesar 12,60%. *Allyl alcohol* menunjukkan meningkat pada waktu 50 menit dan mengalami penurunan pada saat 70 menit waktu sonikasi, yield tertinggi pada waktu sonikasi 50 menit, yaitu sebesar 42,19%. Sedangkan pada produk *acrolein*, semakin menurun pada saat 30 menit waktu sonikasi. Yield meningkat pada waktu sonikasi 30 menit dan yield *acrolein* tertinggi, yaitu sebesar 70,04%.

Dari hasil penelitian diatas, keberadaan katalis  $\gamma$ -alumina tidak memberikan efek yang signifikan dalam produksi *methanol*. Hal ini boleh jadi dikarenakan penggunaan katalis  $\gamma$ -alumina dalam proses degradasi gliserol tidak memberikan kecenderungan pembentukan produk ke arah *methanol*. Sánchez et al (2014) dalam penelitiannya melaporkan bahwa keberadaan katalis  $\gamma$ -

alumina pada proses dehidrasi gliserol hanya menunjukkan yield produk alcohol , yakni *Allyl alcohol* sebesar 1,5%.

#### **4.3. Perbandingan Antara Proses Degradasi Gliserol dengan Sonikasi Menggunakan Katalis $\gamma$ -alumina dan Tanpa Katalis**

Dari Gambar hubungan waktu sonikasi terhadap konversi gliserol antara Gambar (4.2) dan (4.6) menunjukkan konversi gliserol cenderung meningkat seiring lamanya waktu sonikasi. Hal ini disebabkan semakin lama waktu sonikasi , maka semakin banyak macam produk yang bisa dihasilkan. Reaksi radikal bebas terjadi cenderung memecah gliserolnya dibanding bereaksi dengan produk yang dihasilkan. Jumlah gliserol yang terdapat pada larutan sampel masih banyak dibandingkan produk yang dihasilkan. Dengan demikian kemungkinan/ kebolehjadian interaksi antara gliserol dengan spesi  $\text{OH}^\cdot$  dan  $\text{H}^\cdot$  lebih besar daripada interaksi spesi  $\text{H}^\cdot$  dan  $\text{OH}^\cdot$  dengan produk.

Dari Gambar (4.3) dan (4.7) dapat dilihat perbedaan yield produk yang dihasilkan pada sampel yang diberi perlakuan dengan penambahan katalis  $\gamma$ -alumina dan tanpa katalis. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, Penambahan katalis  $\gamma$ -alumina berpengaruh terhadap jumlah *acrolein* yang dihasilkan, dimana Sánchez *et al* (2014) menyebutkan bahwa penggunaan katalis  $\gamma$ -alumina memperbesar selektivitas produk *acrolein*. Yield *acrolein* merupakan yield produk tertinggi diantara yang lain pada variabel penambahan katalis atau tanpa katalis. Yield *acrolein* tertinggi tersebut sebesar 18, 87 % pada suhu 30°C dengan penambahan katalis  $\gamma$ -alumina.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Produk degradasi gliserol tanpa katalis menghasilkan yield *acrolein* tertinggi sebesar 67,55% pada 90 menit suhu 40°C , yield *methanol* tertinggi sebesar 18,17% pada 70 menit suhu 40°C, yield *allyl alcohol* tertinggi sebesar 48,85% pada 10 menit Suhu 50°C sedangkan produk degradasi gliserol katalis  $\gamma$ -alumina menghasilkan yield *acrolein* tertinggi sebesar 18,87% pada 90 menit suhu 50°C , yield *methanol* tertinggi sebesar 32,89% pada 10 menit suhu 50°C, yield *allyl alcohol* tertinggi sebesar 71,06% pada 90 menit suhu 40°C.
2. Semakin lama waktu dan temperatur sonikasi hasil yang diperoleh semakin menurun.
3. Pengaruh penggunaan katalis  $\gamma$ -alumina terhadap degradasi gliserol memberikan yield tertinggi pada produk *acrolein*.

#### **5.2. Saran**

Adapun saran untuk penelitian ke depan antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian pada kondisi operasi bertekanan, karena tekanan sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan.
2. Selain produk liquid, perlu dilakukan pula analisa gas yang dihasilkan pada saat setelah sonikasi. Karena kemungkinan beberapa senyawa dalam bentuk gas juga terbentuk dari proses degradasi gliserol.
3. Perlu dilakukan perbandingan dengan proses degradasi gliserol dengan reaktor sonokimia yang dimodifikasi dengan (*Agitated Reactor*) karena beberapa penelitian sebelumnya mengungkapkan

bahwa pengadukan berguna untuk meningkatkan bidang kontak antar dua fase dan menghasilkan tingkat yang signifikan dari reaksi. Selain itu pengadukan juga dapat mengatasi keterbatasan transfer massa terkait proses degradasi gliserol menggunakan teknologi sonokimia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari. S, Fernando. S.,Haryanto.A. (2007), “*Production of Hydrogenby steam Reforming of Glycerin over Alumina-support metal catalysts*”, Catalysis Today Journal, 354-364.
- Anonim, (2002), National Biodiesel Board.
- Anonim, (2011), Data Statistik Minyak Bumi.
- Anonim, (2010), Dewan Energi Nasional, Naskah kebijakan Energi Nasional.
- Buhler W , Dinjus E, Ederer H.J, Kruse A, Mas C. 2002. “*Ionic reactions and pyrolysis of glycerol as competing reaction pathways in near- and supercritical water*”, Elsevier : Journal Of Supercritical Fluids, 22, 37–53.
- Gogate, P.R., R.K. Tayal, A.B. Pandit. (2006), *Cavitation: A Technology on The Horizon*.Current science, Vol. 91, No. 1.
- Gong, C. 1999. “*Ultrasound Induced Cavitation and Sonochemical Effect*”, Doctor of Pilosophy report, Massachusetts Institute of Technology.
- Harfani, Retno. 2009. “*Sintesis Katalis Padatan Asam Gamma Alumina Terfosfat ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{PO}_4$ ) dan Digunakan Untuk Sintesis Senyawa Metil Ester Asam Lemak dari Limbah Produksi Margarin*”. FMIPA – UI.
- Hingu M Shishir, Gogate R, Rathod K Virendra. 2010. “*Synthesis of Biodiesel from Waste Cooking Oil Using Sonochemical Reactors*”. Elsevier Ultrasonics Sonochemistry 17, 827–832.

- Lailatul Q, Mahfud, Sumarno, Machmudah. S, Wahyudiono, Sasaki. M , Goto. M. 2011. “*Degradation of Glycerol Using Hydrothermal Process*”. Bioresource Technology journal, 102, 9267 – 9271.
- Lida, Y., Tuziuti T., Yasui K., Towata A., and Kozuka T. (2002), “*Control of Viscosity in Starch and Polysaccharide Solution with Ultrasound After Gelatinization*”. Journal of National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST).Nagoya, Japan.
- Markocic Elena, Kramberger Boris, Van Bennekom G, Jan Heeres H. 2013. “*Glycerol Reforming in Supercritical Water : Short Review*”. Elsevier : Renewable and Sustainable Energy Reviews. 23, 40–48.
- Mason, T.J. (1990), “*Introduction Chemistry with Ultrasound*”. Elsevier Applied Science. London
- Miranda B.C, Chimentao RJ, Santos J.B.O, Guirado F. Gispert, Bonillo F. Lopez. 2014. “*Conversion of Glycerol over 10%Ni/ $\gamma$ -alumina Catalyst*”. Elsevier : applied Catalyst B Environmental. 147, 464– 480.
- Ott, L., Bicker, M., Vogel, H. 2006. “*Catalytic Dehydration of Glycerol In Sub and Supercritical Water: A New Chemical Process For Acrolein Production*”, Green Chem, 8, 214-220
- Ryan Baril, dkk. 2013, Laporan Skripsi : “Degradasi Gliserol dengan Teknologi Sonikasi menggunakan Katalis Heterogen”.
- Sánchez G, Friggieri J, Keast C, Drewery M, Dlugogorsky M, Kennedy E. 2014. “*The Effect of Catalyst Modification on the Conversion of Glycerol to Allyl Alcohol*”. Elsevier : Applied Catalyst B Environmental. 117-128.
- Suslick, K.S.; Doktycz, S.J., 1990, Adv. Sonochem., 1, 197-230.

- Suslick, K.S. 1994. *“The Chemistry of Ultrasound”*. Review. The Yearbook of Science and Future 1994, Encyclopedia Britannica, Chicago, 138-155.
- Yuyun Yuniati. 2012, Laporan disertasi : “Studi reaksi Degradasi Gliserol Dalam Air (subkritis/Superkritis) dan Penggunaan Teknologi Sonokimia”.
- Wang, S; Wu, X., Wang, Y., Li, Q., Tao., M. 2008. *“Removal of organic Matter and ammonia nitrogen from landfill leachate by ultrasound”*. Ultrasonic Sonichemistry, 15, 933-937
- Watanabe, M., Iida, T., Aizawa, Y., Aida, T.M., Inomata, H. (2007), *“Acrolein Synthesis From Glycerol in Hot-Compressed Water”*, Bioresour. Technol, 98, 1285-1290.
- Williams, A.R. 1983, Ultrasound: *“Biological Effects and Potential Hazards.”* Academic Press

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## APPENDIKS A1

**Menghitung massa Gliserol dan Air yang dibutuhkan untuk membuat sampel larutan Gliserol dengan rasio massa gliserol : massa air sebesar 1 : 12**

Data yang didapatkan :

- $Densitas\ gliserol = 1,270173 \frac{gram}{cm^3}$
- $Densitas\ air = 1,001011 \frac{gram}{cm^3}$
- $Volume\ reaktor = 200\ mL$

Ratio massa Gliserol : Air = 1 : 12

$$\frac{massa\ air}{\rho\ air} + \frac{massa\ gliserol}{\rho\ gliserol} = vol.\ reaktor$$

$$Massa\ air = 200\ mL \times \left( \frac{12 \times \rho\ air \times \rho\ gliserol}{12 \times (\rho\ air + \rho\ gliserol)} \right)$$

$$Massa\ air = 200\ mL \times \left( \frac{12 \times 1,001011 \times 1,270173}{12 \times (1,001011 + 1,270173)} \right)$$

$$Massa\ air = 111,9568\ gram$$

Sehingga didapatkan massa air = 111,9568 gram

$$Massa\ gliserol = \frac{1}{12} \times 111,9568\ gram = 9,32959\ gram$$

$$Vol.\ gliserol = \frac{massa\ gliserol}{\rho\ gliserol} = \frac{9,32959\ gram}{1,270173} = 7,346\ mL$$

Apabila menggunakan katalis, maka menambahkan katalis  $\gamma$ -Alumina sebesar 3% dari massa gliserol

$$Massa\ katalis = 3\% \times massa\ gliserol = 3\% \times 9,32959\ gram = 0,279\ gram$$

Berdasarkan volume gliserol tersebut, pembuatan larutan gliserol dengan rasio massa gliserol : massa air memiliki prosedur sebagai berikut :

1. Menimbang massa gliserol sebanyak 9,32959 gram
2. Memasukkannya ke dalam reaktor
3. Menambahkan dengan aquades sebanyak 192,654 mL (hingga volume reaktor mencapai 200 mL)
4. Apabila menggunakan katalis, menambahkan katalis sebanyak 0,279 gram.



## **APPENDIKS A2**

### **Analisa Konversi Gliserol dengan Menggunakan Metode Titrasi**

#### **A2.1. Persiapan Larutan**

1. Menyiapkan larutan stok NaOH 0,1 N
2. Menyiapkan larutan stok NaOH 0,01 N
3. Menyiapkan larutan stok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N
4. Menyiapkan larutan stok HCl 50%
5. Menyiapkan larutan stok Natrium periodat 10%, dengan cara :
  - Timbang 50 mg natrium metaperiodat (NaIO<sub>4</sub>)
  - Masukkan ke dalam labu ukur 500 mL
  - Tambahkan aquades hingga 500mL
  - Kocok untuk melarutkan periodatnya
6. Menyiapkan larutan stok etilen glikol
7. Menyiapkan larutan indikator PP

#### **A2.2. Prosedur Analisa dengan Metode Titrasi**

1. Menimbang sampel seberat 0,3g
2. Melarutkan dengan aquadest hingga 50mL
3. Menambahkan 5 tetes HCl 50%
4. Memanaskan pada suhu 300°C hingga timbul gelembung awal
5. Membiarkan larutan sampel hingga kembali pada suhu normal
6. Menambahkan indikator PP sebanyak 3 tetes
7. Titrasi dengan NaOH 0,1 N hingga berwarna merah muda
8. Menetralkan dengan mentitrasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N hingga warna kembali bening seperti semula
9. Menambahkan larutan NaIO<sub>4</sub> 10% sebanyak 50mL
10. Mendinginkan dalam *freezer* selama 30 menit
11. Membiarkan larutan sampel hingga kembali pada suhu normal
12. Menambahkan larutan etilen glikol sebanyak 5mL
13. Mendinginkan kembali ke lemari es selama 20 menit
14. Membiarkan larutan sampel hingga kembali pada suhu normal
15. Titrasi dengan larutan NaOH 0,01 N hingga berwarna merah muda
16. Mencatat jumlah larutan NaOH yang dititrasi
17. Lakukan hal yang sama dengan sampel yang berbeda

### A.2.3. Perhitungan Konversi Gliserol

Data untuk umpan (larutan gliserol 1:12)

- Volume larutan = 200 mL
- $\rho$  gliserol (sampel) = 1,0270173 g/mL
- Massa sampel yang dititrasikan = 0,3 gram
- Volume titran (NaOH 0,01N) = 35,6 mL
- BM Gliserol = 92,09 g/mol
- Kadar gliserol =  $\frac{\text{vol.NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM NaOH}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$   
$$= \frac{35,6 \times 0,01 \times 92,9}{0,3} \times 100\% = 10,9280\%$$
- Massa gliserol mula – mula =  
Kadar gliserol x vol. larutan x  $\rho$  gliserol  
 $= 10,9280\% \times 200\text{mL} \times 1,0270173 = 22,1 \text{ gram}$
- Mol gliserol mula – mula =  $\frac{\text{massa gliserol mula-mula}}{\text{BM gliserol}} = \frac{22,1 \text{ gram}}{92,09 \text{ g/mL}} =$   
0,2405169 mol

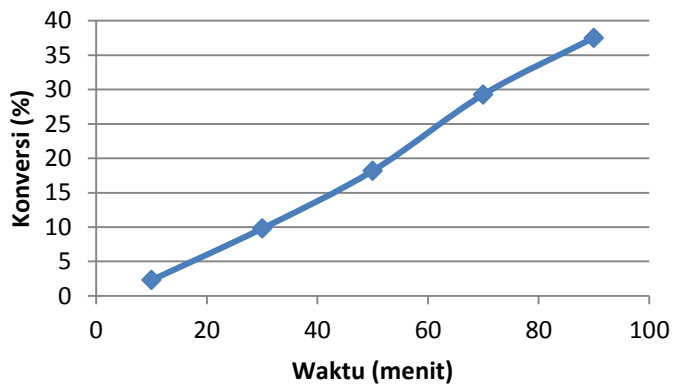
Data produk hasil reaksi

- Kondisi suhu 30°C dalam waktu 10 menit tanpa katalis
- Volume produk = 200 mL
- $\rho$  gliserol dalam produk = 1,015719836 mL
- Volume titran (NaOH 0,01N) = 34,7 mL
- Kadar gliserol =  $\frac{\text{vol.NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM NaOH}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$   
$$= \frac{34,7 \times 0,01 \times 92,9}{0,3} \times 100\% = 10,6517\%$$
- Massa gliserol mula – mula =  
Kadar gliserol x vol. larutan x  $\rho$  gliserol  
 $= 10,6517\% \times 200\text{mL} \times 1,0157198 = 21,6 \text{ gram}$
- Mol gliserol akhir =  $\frac{\text{massa gliserol mula-mula}}{\text{BM gliserol}} = \frac{22,1 \text{ gram}}{92,09 \text{ g/mL}} =$   
0,2349699 mol
- Konversi Gliserol =  $\frac{\text{mol gliserol mula-mula} - \text{mol gliserol akhir}}{\text{mol gliserol mula-mula}} =$   
$$\frac{0,24052 - 0,23597}{0,24052} = 2,3063\%$$

Berdasarkan data diatas selanjutnya perhitungan dilakukan pada kondisi suhu dan waktu yang berbeda.

Tabel A4.1 Konversi gliserol pada  $T = 30^{\circ}\text{C}$  tanpa menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina

| Waktu (menit) | Massa Gliserol (g) | BM Gliserol (g/mol) | Konsentrasi Awal (mol/kg) | Konsentrasi Akhir (mol/kg) | Konversi (%mol) |
|---------------|--------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|
| 10            | 21,6               | 92,09               | 0,240516                  | 0,234969                   | 2,306           |
| 30            | 20                 | 92,09               | 0,240516                  | 0,216950                   | 9,798           |
| 50            | 18,1               | 92,09               | 0,240516                  | 0,196800                   | 18,17           |
| 70            | 15,7               | 92,09               | 0,240516                  | 0,170165                   | 29,25           |
| 90            | 13,8               | 92,09               | 0,240516                  | 0,150303                   | 37,50           |



Gambar A4.1. : Konversi gliserol pada  $T = 30^{\circ}\text{C}$  tanpa menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina

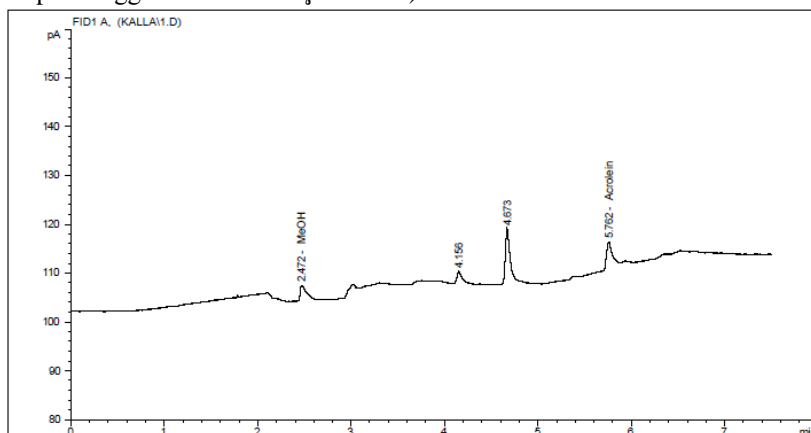
- Kemudian melakukan dengan cara yang sama untuk menentukan konversi gliserol pada variabel yang berbeda.

## APPENDIKS A3

### Perhitungan Kandungan Produk Dari Hasil Analisa GC

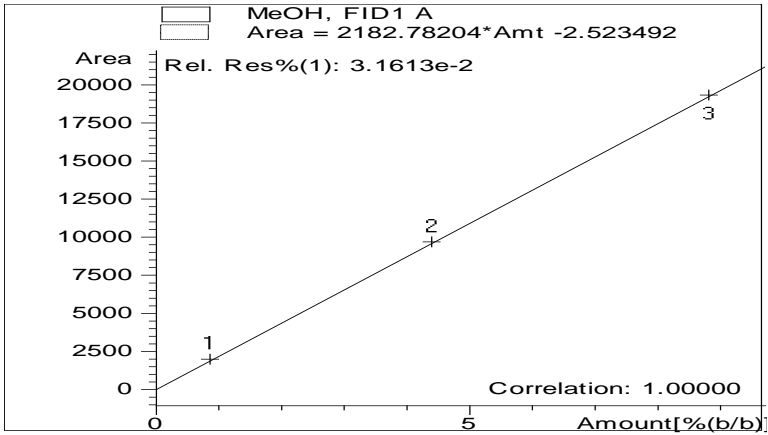
#### A3.1. Perhitungan massa produk dari hasil analisa GC

Misal : Pehitungan pada hasil analisa GC sampel no. 31 (  $T_{\text{sonikasi}} = 30^{\circ}\text{C}$  tanpa menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina).

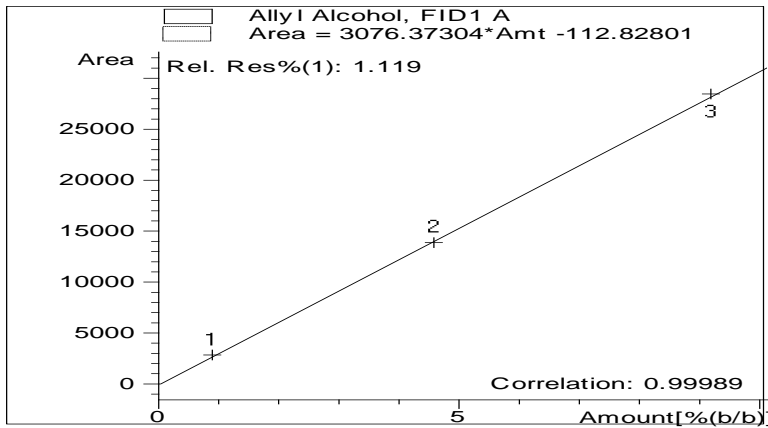


Gambar A3.1 : Hasil grafis analisa sampel

Dari kurva kalibrasi standar dari senyawa yang diinginkan, selanjutnya dapat dicari persentase produk yang terkandung dalam sampel melalui analisa GC. Gambar A3.2, A3.3, dan A3.4 merupakan kurva standar kalibrasi untuk masing masing senyawa :

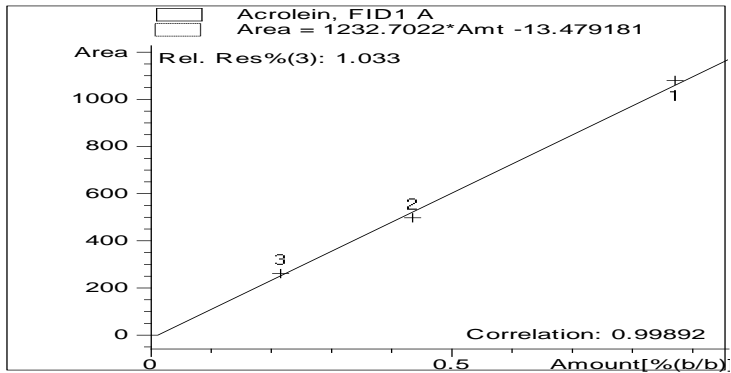


Gambar A3.2 : kurva standar kalibrasi *methanol* untuk analisa GC



Gambar A3.3 : kurva standar kalibrasi *allyl alcohol* untuk analisa

GC



Gambar A3.4 : kurva standar kalibrasi acrolein untuk analisa GC

Dari percobaan yang dilakukan didapat data data berikut :  
Berikut adalah data sampel sonikasi dengan T sonikasi 30°C dengan waktu sonikasi 10 menit.

- Densitas sampel pasca sonikasi = 1,015719836 gr/cm<sup>3</sup>
- Volume sampel pasca sonikasi = 200 mL

Dari data diatas dapat dihitung massa produk terbentuk dengan cara :

$$\text{Massa produk} = \frac{\%(\frac{b}{b})}{100} \times P \text{ sampel} \times \text{vol. sampel} \dots (\text{A3.1})$$

Misal untuk menghitung senyawa *methanol* yang terbentuk :

$$\text{Massa methanol} = \text{amt} \times \text{massa produk} = 0,006595 \times 203,143967$$

Didapat massa *methanol* sebesar 1,339785 gram.

Dengan cara yang sama , dilakukan perhitungan massa produk untuk senyawa yang lain.

Tabel A3.1. dibawah ini merupakan perhitungan massa produk yang dihasilkan dari analisa GC pada sampel dengan variabel suhu 30°C tanpa menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina.

Tabel A3.1. Produk yang dihasilkan Pada Sonikasi T=30°C tanpa menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina

| t  | % (b/b)  |        |            | densitas (gr/cm3) | volume (cm3) | massa produk (gram) |        |            |
|----|----------|--------|------------|-------------------|--------------|---------------------|--------|------------|
|    | sonikasi | meOH   | allyl alch |                   |              | acrolein            | meOH   | allyl alch |
| 10 | 0,0065   | 0      | 0,0039     | 1,015             | 200          | 1,339               | 0      | 0,809      |
| 30 | 0,0068   | 0      | 0,0037     | 1,007             | 199          | 1,371               | 0      | 0,761      |
| 50 | 0,0068   | 0,0010 | 0,0047     | 1,010             | 199          | 1,378               | 0,2019 | 0,960      |
| 70 | 0,0078   | 0,0013 | 0,0052     | 1,024             | 198          | 1,586               | 0,2785 | 1,069      |
| 90 | 0,0077   | 0,0028 | 0,0056     | 1,012             | 197          | 1,555               | 0,5744 | 1,132      |

## APPENDIKS A4

### Perhitungan Yield Produk

#### A4.1. Perhitungan Yield Produk

- Variabel T = 30°C tanpa menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina, data yang diperlukan :
  - BM Methanol = 32,04 g/mol
  - BM *Allyl Alcohol* = 58,08 g/mol
  - BM *Acrolein* = 56,06 g/mol
- Yield masing-masing produk :

$$\text{Yield produk (\%mol)} = \frac{\text{konsentrasi produk } \left(\frac{\text{mol}}{\text{kg}}\right)}{\text{konsentrasi gliserol awal } \left(\frac{\text{mol}}{\text{kg}}\right)} \times 100\%$$

Misalkan pada sampel no. 1 didapat massa produk (gram) berdasarkan analisa GC dan rumus perhitungan, maka didapat mol masing-masing produk :

- Konsentrasi *Methanol* =  $\frac{\text{massa methanol}}{\text{BM methanol}} = \frac{1,3398}{32,04} = 0,041816 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$
- Konsentrasi *Allyl Alcohol* =  $\frac{\text{massa allyl alcohol}}{\text{BM allyl alcohol}} = \frac{0}{58,08} = 0 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$
- Konsentrasi *Acrolein* =  $\frac{\text{massa acrolein}}{\text{BM acrolein}} = \frac{0,805423}{56,06} = 0,01436716 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$

Dari data konsentrasi masing-masing produk, maka dilakukan perhitungan yield. Misalkan perhitungan yield *Methanol* :

$$\begin{aligned} \text{Yield Methanol (\%mol)} &= \frac{0,041816 \left(\frac{\text{mol}}{\text{kg}}\right)}{0,3319631 \left(\frac{\text{mol}}{\text{kg}}\right)} \times 100\% \\ &= 12,596682\% \end{aligned}$$

Kemudian melakukan cara yang sama untuk menghitung yield produk yang lain.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Ni Made Hana Savitri Batan dan dilahirkan di Tokyo pada tanggal 8 Januari 1992. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Prof. I Made Londen Batan dan Ni Made Sumiasih Batan. Penulis memulai pendidikan di SDN Kertajaya XXI Surabaya dan melanjutkan pendidikan SMP Negeri 19 Surabaya dan SMA Dr. Soetomo Surabaya. Pada tahun 2010, penulis melanjutkan pendidikan Sarjana Teknik di Teknik Kimia FTI ITS Surabaya dan penulis melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Material dengan judul **“Penggunaan katalis  $\gamma$ -Alumina untuk degradasi gliserol menggunakan teknologi sonikasi”**. Penulis memiliki hobby travelling karena penulis ingin sekali berkeliling Indonesia.

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Lylla Larasgita dan dilahirkan di Surabaya pada tanggal 26 Juli 1993. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Ir. Djoddy Arih Soemitro dan Dra. Lusy Sutjik Permana, Apt. Penulis memulai pendidikan di SDN Kendangsari I/276 Surabaya dan melanjutkan pendidikan SMP Negeri 1 Surabaya dan SMA Negeri 7 Surabaya. Pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan Sarjana Teknik di Teknik Kimia FTI ITS Surabaya dan penulis melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Material dengan judul **“Penggunaan katalis  $\gamma$ -Alumina untuk degradasi gliserol menggunakan teknologi sonikasi”**. Penulis memiliki usaha dibidang kuliner pada saat melakukan penelitian.