

**SKRIPSI**

**OPTIMASI REAKSI KONVERSI SELULOSA MENJADI  
ASAM LAKTAT DENGAN KATALIS  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$**

**VIREZO GEORGIAN**  
**NRP. 0121154000116**

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

**DEPARTEMEN KIMIA**  
**FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2020**

---

**SCRIPT**

**OPTIMIZATION CONVERSION OF CELLULOSE INTO  
LACTIC ACID USING  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  CATALYST**

**VIREZO GEORGIAN**  
**NRP. 0121154000116**

**Supervisor**  
**Prof. Dr.rer.nat. Irmina Kris Murwani**

**CHEMISTRY DEPARTMENT**  
**FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2020**

**OPTIMASI REAKSI KONVERSI SELULOSA MENJADI  
ASAM LAKTAT DENGAN KATALIS  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi S-1  
di Departemen Kimia  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Disusun oleh:

**VIREZO GEORGIAN**  
**NRP. 01211540000116**

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

**CHEMISTRY DEPARTMENT  
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**OPTIMASI REAKSI KONVERSI SELULOSA MENJADI**  
**ASAM LAKTAT DENGAN KATALIS  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$**

**SKRIPSI**

Oleh:

**VIREZO GEORGIAN**  
**NRP. 01211540000116**

Surabaya, 21 Januari 2020  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



**Prof. Dr.rer.nat. Irmina K. Murwani**  
NIP. 196412241989032002

Mengetahui,  
Kepala Departemen Kimia FSAD-ITS



**Prof. Dr.rer.nat. Fredy Kurniawan, M.Si.**  
NIP. 197404281998021001

# OPTIMASI REAKSI KONVERSI SELULOSA MENJADI ASAM LAKTAT DENGAN KATALIS $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$

**Nama** : Virezo Georgian  
**NRP** : 01211540000116  
**Departemen** : Kimia FSAD-ITS  
**Pembimbing** : Prof.Dr.rer.nat. Irmina Kris Murwani

## ABSTRAK

Pada penelitian ini katalis magnesium fluorida dengan di *doping* nikel disintesis dengan metode sol gel. Katalis dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X, FTIR, adsorpsi piridin-FTIR dan adsorpsi  $N_2$ . Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa proses *doping* Ni pada katalis  $MgF_2$  berjalan dengan baik dengan sisi asam Lewis dan Brønsted,  $S_{BET}$ , dan volume pori masing-masing sebesar 0,117, 0,047, 12,97  $m^2/g$  dan 0,093  $cm^3/g$ . Uji kinerja katalis dilakukan pada reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan optimasi terhadap beberapa faktor yang berpengaruh terhadap reaksi yaitu suhu, waktu, massa katalis, dan volume HCl. Berdasarkan hasil optimasi dari faktor-faktor tersebut diperoleh kondisi optimum yaitu pada suhu 240 °C, waktu reaksi 3 jam, massa katalis 0,06 gram, dan volume HCl 0,03% sebesar 50 mL dengan *yield* asam laktat optimum sebesar 60,02%.

**Kata kunci:** Katalis, Magnesium fluorida, *Doping*, Nikel, Selulosa, Asam laktat, Optimasi.

# OPTIMIZATION CONVERSION OF CELLULOSE INTO LACTIC ACID USING $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$ CATALYST

**Name** : Virezo Georgian  
**Student No.** : 0121154000116  
**Departement** : Kimia FSAD-ITS  
**Advisor** : Prof.Dr.rer.nat. Irmina Kris Murwani

## ABSTRACT

In this study magnesium fluoride catalyst doped by nickel was synthesized by the sol gel method. The catalyst was characterized by X-ray diffraction, FTIR, pyridine-FTIR adsorption and  $\text{N}_2$  adsorption. Characterization results showed that the Ni doping process on the  $\text{MgF}_2$  catalyst worked well with Lewis and Brønsted acid sites,  $S_{\text{BET}}$ , and pore volume values are 0.117, 0.047, 12.97  $\text{m}^2/\text{g}$  and 0.093  $\text{cm}^3/\text{g}$ . The catalyst performance has been test on the conversion of cellulose into lactic acid with the optimization of several factors that affect the reaction, namely temperature, time, catalyst mass, and volume of HCl. Based on the optimization results from these factors, the optimum conditions are obtained at a temperature of 240 °C, 3 hours of reaction time, 0.06 gram of catalyst mass , and a 50 mL volume of HCl 0.03% with an optimum lactic acid yield of 60,02%.

**Keywords:** Catalyst, Magnesium fluoride, Doping, Nickel, Cellulose, Lactic Acid, Optimization.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia Nya sehingga naskah Skripsi yang berjudul **“Optimasi Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat dengan Katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ ”** dapat terselesaikan. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr.rer.nat. Irmina Kris Murwani selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Skripsi ini.
2. Prof. Dr.rer.nat.Fredy Kurniawan, M.Si. selaku Kepala Departemen Kimia yang telah memberikan fasilitas hingga naskah Skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Yuli Kusumawati M.Si selaku dosen wali penulis yang telah memberikan semangat dan masukan selama ini.
4. Dr. Djoko Hartanto, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Kimia Material dan Energi atas fasilitas laboratorium yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik
5. Bapak Devvy William, Ibu Eti Yusniati selaku orang tua penulis yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa, dan kasih sayang yang tulus.
6. William Ravii, Aleena, Salbi, Kaka, Hania, Bunda Risda, Om Joep selaku kerabat dari penulis yang selalu menjadi penyemangat.
7. Fitria Sandi Faradilla (Adel) yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian Skripsi ini.
8. Tim riset Ivlanazomanda (Vicka, Nanda, Maria, Mba Nana, Mba Lala, Mba Iven) serta teman-teman Lab KME yang selalu membantu, memberikan semangat, doa, dan dukungannya.
9. Teman-teman Kimia Angkatan 2015

10. Sahabat penulis Fajar Haris, Naufal, Deri, Ikin Ahong
11. Pihak lain yang telah yang telah membantu dalam penulisan Skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun.

Surabaya, 21 Januari 2020

Penulis



## DAFTAR ISI











LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	15
1.1 Latar Belakang .....	15
1.2 Permasalahan .....	16
1.3 Tujuan Penelitian .....	17
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	19
2.1 Selulosa .....	19
2.2 Asam Laktat.....	20
2.3 Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat .....	22
2.4 Katalis.....	23
2.4.1 Katalis Homogen.....	24
2.4.2 Katalis Heterogen.....	25
2.4.3 <i>Doping</i> Katalis .....	26
2.5 Keasaman Katalis.....	26
2.6 Metode Sol-Gel.....	28
2.7 Karakterisasi .....	29
2.7.1 Difraksi Sinar-X.....	30
2.7.2 Pengukuran Luas Permukaan dengan Metode Adsorpsi-Desorpsi Gas N <sub>2</sub> .....	32
2.7.3 Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infra-Red) .....	33

2.7.4 Penentuan Keasaman Katalis dengan Metode Adsorpsi Piridin-FTIR.....	34
2.7.5 Spektrofotometer UV-Vis.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1 Alat dan Bahan.....	39
3.1.1 Alat .....	39
3.1.2 Bahan.....	39
3.2 Sintesis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ .....	40
3.3 Karakterisasi .....	40
3.3.1 Karakterisasi Struktur Kristal Katalis dengan XRD.....	40
3.3.2 Karakterisasi Ikatan dalam Padatan Katalis dengan FTIR ..	41
3.3.3 Penentuan Keasaman Padatan Katalis dengan Metode Adsorpsi Piridin-FTIR.....	41
3.3.4 Pengukuran Luas Permukaan ( $S_{BET}$ ) Padatan Katalis dengan Adsorpsi Gas $N_2$ .....	41
3.4 Uji Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ pada Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat.....	41
3.4.1 Penentuan Konsentrasi Asam Laktat dan Glukosa dengan Instrumen UV-Vis.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1 Hasil Sintesis Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ .....	45
4.2 Hasil XRD pada Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ .....	48
4.3 Hasil FTIR pada Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ .....	50
4.4 Hasil Penentuan Keasaman Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ .....	51
4.5 Hasil Pengukuran Luas Permukaan Padatan Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ .....	53
4.6 Uji Awal Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat.....	53
4.7 Optimasi Kondisi Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat .....	56
4.7.1 Optimasi Suhu Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat.....	57
4.7.2 Optimasi Waktu Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam	

Laktat.....	58
4.7.3 Optimasi Massa Katalis Pada Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat.....	60
4.7.4 Optimasi Volume Larutan HCl encer Pada Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat.....	61
4.8 Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat pada Kondisi Optimum.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	67
LAMPIRAN A .....	77
LAMPIRAN B.....	80
LAMPIRAN C.....	81
LAMPIRAN D .....	82
LAMPIRAN E.....	85
LAMPIRAN F.....	86
BIODATA.....	89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Selulosa (Wattanapaphawong, 2017) ....	19
Gambar 2.2	Struktur Sorbitul, asam glukonat, HMF, asam levulinat, asam format, asam asetat, asam glikol, dan asam laktat .....	20
Gambar 2.3	Struktur asam laktat dan dua isomer optiknya. ...	21
Gambar 2.4	Reaksi konversi asetaldehida dan hidrogen sianida menjadi asam laktat (Rodrigo dkk, 2014) .....	22
Gambar 2.5	Mekanisme reaksi konversi selulosa menjadi beberapa senyawa kimia .....	23
Gambar 2.6	Reaksi Asam-Basa Lewis.....	28
Gambar 2.7	Skema proses sol-gel (Pierre, 1998).....	29
Gambar 2.8	Difraksi Sinar X (Stan, 2018).....	30
Gambar 2.9	Pola XRD $MgF_2$ .....	31
Gambar 2.10	Hasil spektra FTIR $MgF_2$ (Saber dkk., 2010).....	34
Gambar 2.11	Interaksi piridin dengan sisi asam pada permukaan katalis(Layman dkk, 2003).....	35
Gambar 2.12	Spektra FTIR adsorpsi piridin (Kemnitz dkk., 2002).....	36
Gambar 4.1	Emulsi Magnesium Metoksida. ....	46
Gambar 4.2	Larutan $Ni(CH_3COO)_2$ . ....	46
Gambar 4.3	(a) katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ sebelum kalsinasi (b) katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ sesudah kalsinasi.....	48
Gambar 4.4	Difraktogram Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ (b) Sebelum dan (c) Sesudah Kalsinasi. ....	49
Gambar 4.5	Spektra FTIR $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$ (a) sebelum kalsinasi (b) setelah kalsinasi. ....	50
Gambar 4.6	Spektra Piridin-FTIR $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$ . ....	52
Gambar 4.7	Kurva kalibrasi larutan asam laktat standar. ....	55

Gambar 4.8	Kurva kalibrasi larutan glukosa standar .....	56
Gambar 4.9	Histogram <i>yield</i> terhadap suhu reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ (Asam Laktat) 	
	(Glukosa)  .....	57
Gambar 4.10	Histogram <i>yield</i> terhadap waktu reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ (Asam Laktat) 	
	(Glukosa)  .....	59
Gambar 4.11	Histogram <i>yield</i> terhadap massa katalis pada reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ (Asam Laktat)  (Glukosa)  .....	61
Gambar 4.12	Histogram <i>yield</i> terhadap volume larutan HCl pada reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ (Asam Laktat)  (Glukosa)  .....	62
Gambar 4.13	Histogram <i>yield</i> terhadap reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ pada kondisi optimum (Asam Laktat)  (Glukosa)  .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variasi pada uji katalisis .....	42
--	----

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Katalis memiliki peranan yang sangat penting dalam industri produk kimia dimana lebih dari 90% proses pembuatan bahan kimia menggunakan bantuan katalis (Kemnitz dan Menz, 1998). Katalis merupakan suatu zat yang mampu mempercepat laju reaksi kimia dengan cara mencari jalur alternatif yang memiliki nilai energi aktivasi lebih rendah dibandingkan dengan tanpa katalis (Shriver dan Atkins, 2009). Menurut McCash (2007) katalis juga dapat meningkatkan peluang terjadinya tumbukan efektif antara molekul reaktan dan permukaan katalis dimana molekul-molekul reaktan tersebut nantinya akan teradsorpsi pada sisi aktif katalis. Tujuan penggunaan katalis selain untuk mempercepat laju reaksi juga untuk meningkatkan selektivitas terhadap produk yang diinginkan sehingga nilai *yield* nya dapat meningkat (Rutjes dkk., 2009).

Berdasarkan fasanya, katalis dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen merupakan katalis yang memiliki fasa yang sama dengan reaktan, sebaliknya katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan. Kelebihan katalis homogen yaitu aktif pada suhu rendah dan banyak digunakan untuk proses katalisis reaksi eksotermis karena dapat dengan mudah menghilangkan panas dari sistem (Gates, 1992). Akan tetapi katalis homogen memiliki kelemahan yaitu tidak stabil pada sistem reaksi dengan suhu yang tinggi, bersifat korosif yang memiliki dampak buruk lingkungan dan proses pemisahan antara produk dan katalis yang cukup sulit (Knözinger dkk., 1991 dan Yang dkk., 2016). Kelemahan tersebut membuat beberapa peneliti mulai mengembangkan penelitian katalis heterogen. Katalis heterogen memiliki beberapa kelebihan dibandingkan katalis homogen yaitu proses pemisahan katalis dari reaktan dan produk akhir yang relatif lebih mudah dan stabilitas termal yang cukup tinggi.

Salah satu reaksi yang membutuhkan katalis dengan stabilitas termal tinggi dan proses pemisahan yang mudah adalah reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat (Wattanapaphawong dkk., 2017). Asam laktat memiliki manfaat yang cukup luas dibidang industri seperti industri makanan dimana asam laktat digunakan sebagai pengawet dan pewarna makanan. Di industri kosmetik asam laktat digunakan dalam produk kebersihan serta perawatan kulit, dan dalam industri farmasi digunakan dalam obat penurunan tekanan darah dan larutan untuk dialisis ginjal. Manfaat asam laktat yang cukup luas ini menyebabkan permintaan terhadap asam laktat tinggi (Datta dan Henry, 2006 dan Mäki-Arvela dkk., 2014).

Reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat juga dilaporkan membutuhkan katalis yang memiliki sisi asam Lewis dan Brønsted secara bersamaan (Chambon dkk., 2011).  $MgF_2$  merupakan salah satu katalis heterogen yang dapat berperan dalam reaksi yang membutuhkan kedua sisi asam Lewis dan Brønsted secara bersamaan, selain itu  $MgF_2$  juga memiliki stabilitas termal yang tinggi dengan proses pemisahan katalis dari reaktan dan produk yang relatif mudah. (A'yuni, 2015)

Sisi asam dilaporkan juga dapat meningkatkan kinerja katalis pada reaksi dehidrasi xilosa (Weingarten dkk., 2011). Kemnitz dan Adamczyk (2002) melaporkan bahwa sisi aktif dan sisi asam dari katalis dapat ditingkatkan tanpa mengubah struktur dasar dari katalis melalui proses *doping*. Logam Ni merupakan salah satu logam yang memiliki tingkat keasaman yang tinggi yang dapat digunakan sebagai *dopant*. Logam Ni dapat menunjukkan aktivitas katalitik yang sama dengan katalis berbasis logam mulia seperti Ru, Re, Rh, Pd, Pt, dan Ir yang harganya relatif lebih mahal dan ketersediannya yang terbatas.

## 1.2 Permasalahan

$MgF_2$  merupakan katalis berbasis fluorida yang memiliki sisi asam Lewis dan Brønsted (A'yuni, 2015). Akan tetapi sisi asam Lewis dan Brønsted pada katalis  $MgF_2$  dinilai masih rendah. Kemnitz dan Adamczyk (2002) melaporkan bahwa sisi aktif dan



sisi asam dari katalis dapat ditingkatkan tanpa mengubah struktur dasar dari katalis melalui proses *doping*. Pada penelitian ini dilakukan proses *doping* logam Ni pada katalis  $\text{MgF}_2$ . Logam Ni dipilih karena memiliki tingkat keasaman yang tinggi (Kemnitz dan Adamczyk, 2002). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fransisca (2018) dilaporkan bahwa  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  merupakan katalis yang memiliki kinerja paling optimum diantara variasi *doping* Ni lainnya pada katalis  $\text{MgF}_2$  dengan *yield* asam laktat sebesar 45,72%. Menurut Wattanapaphawong dkk. (2017) terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap reaksi yaitu suhu, waktu, dan massa katalis sehingga pada penelitian ini dilakukan optimasi pada kondisi reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat. Selain itu juga, pada penelitian ini dilakukan optimasi terhadap volume HCl untuk diamati pengaruhnya terhadap reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat.

### 1.3 Tujuan Penelitian

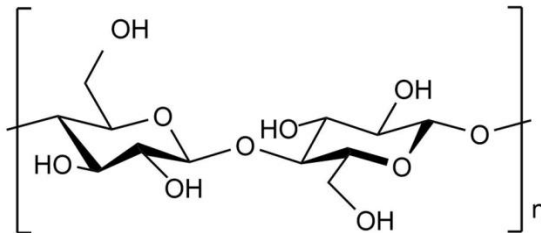
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $\text{Mg}_{0,950}\text{Ni}_{0,050}\text{F}_2$ .

***“ Halaman Sengaja Dikosongkan ”***

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

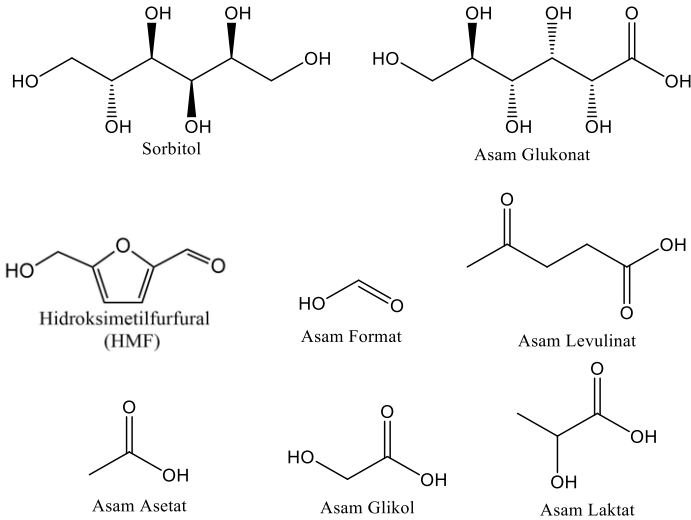
### 2.1 Selulosa

Selulosa merupakan polimer glukosa yang terhubung melalui ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik. Selulosa memiliki struktur linear sehingga selulosa bersifat kristalin. Struktur selulosa ditampilkan pada Gambar 2.1. Selulosa di alam pada umumnya berikatan dengan polisakarida lainnya seperti lignin dan hemiselulosa membentuk kerangka penyusun dinding sel pada tumbuhan (Holtzaple, 2003).



Gambar 2.1 Struktur Selulosa (Wattanapaphawong, dkk., 2017)

Selulosa memiliki manfaat yang cukup luas. Hal tersebut dikarenakan hasil konversi dari selulosa dapat digunakan dalam berbagai bidang industri (Van de Vyver dkk., 2011). Selulosa di alam dapat dikonversi menjadi berbagai bahan kimia berguna melalui glukosa. Bahan-bahan kimia tersebut diantaranya adalah 5-hidrometilfurfural (HMF), asam levulinat, asam format, asam asetat, asam glikol, sorbitol, asam glukonat, dan asam laktat (Tong dan Li, 2010; Kobayashi dkk., 2011; Gallezot, 2012). Gambar 2.2 menunjukkan beberapa struktur senyawa kimia hasil konversi dari selulosa.



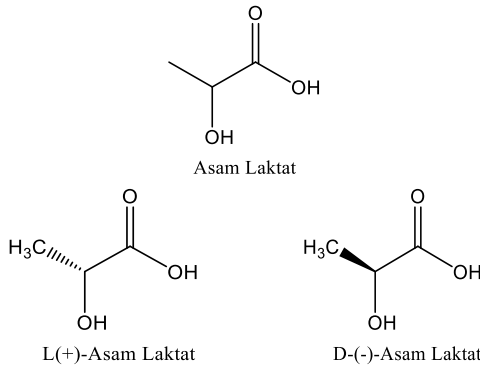
Gambar 2.2 Struktur sorbitol, asam glukonat, HMF, asam levulinat, asam format, asam asetat, asam glikol, dan asam laktat.

## 2.2 Asam Laktat

Asam laktat atau asam 2-hidroksi propionat merupakan golongan asam karboksilat, memiliki atom karbon khiral, dan dua isomer optik berupa L(+)-asam laktat dan D(-)-asam laktat yang ditemukan hampir disemua sistem biologis (Jin Bo dkk., 2005). Hal ini menyebabkan asam laktat banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Pada tahun 2015 menurut data Global Industry Analysis Inc. bahwa permintaan terhadap asam laktat mencapai angka  $3,3 \times 10^5$  ton (Global Industry Analysis Inc., 2015).

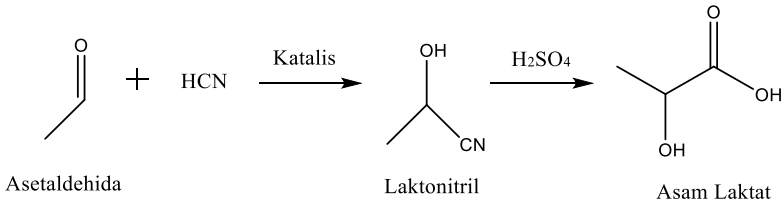
Asam laktat banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, kosmetik, dan farmasi (Mäki-Arvela dkk., 2014). Pada industri makanan asam laktat digunakan sebagai pengawet dan pewarna makanan (Datta dan Henry, 2006). Industri kosmetik menggunakan asam laktat dalam pembuatan produk kebersihan serta perawatan kulit seperti sabun, sampo, dan krim anti jerawat.

Pada industri farmasi asam laktat terkandung dalam suplemen dermatologi, obat osteoporosis, dan sebagai larutan dialisis ginjal (Martinez dkk., 2013). Gambar 2.3 menunjukkan struktur asam laktat dan dua isomernya.



Gambar 2.3 Struktur asam laktat dan dua isomer optiknya

Aplikasi lain dari asam laktat yang menarik perhatian adalah asam laktat digunakan untuk produksi asam polilaktat yang dapat dikonversi menjadi beberapa senyawa bermanfaat lainnya, seperti propilen glikol dan asam akrilat (Garlotta, 2001 dan Nampoothiri dkk., 2010). Jenis asam laktat yang digunakan dalam industri adalah L(+)-asam laktat dikarenakan D(-)-asam laktat berbahaya bagi manusia. Produksi komersial asam laktat pertama dilakukan dengan mereaksikan asetaldehida dengan hidrogen sianida membentuk laktonitril yang kemudian dihidrolisis menjadi asam laktat. (Rodrigo dkk., 2014). Reaksi produksi asam laktat melalui pembentukan laktonitril ditunjukkan melalui Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Reaksi konversi asetaldehida dan hidrogen sianida menjadi asam laktat (Rodrigo dkk., 2014).

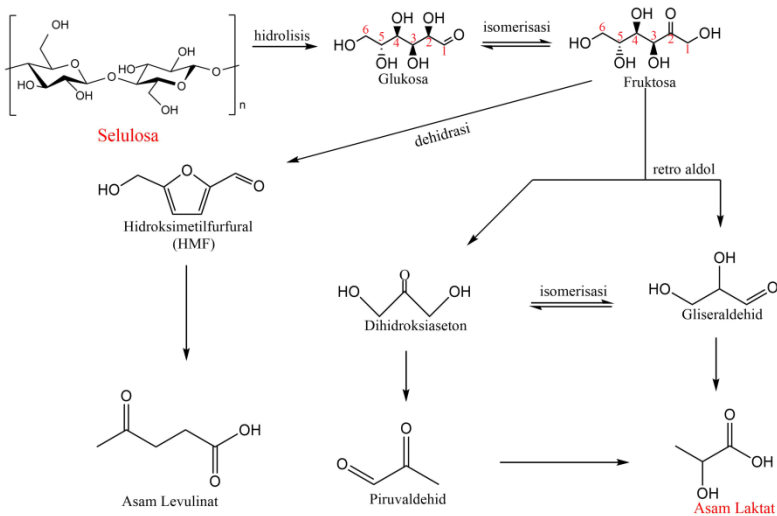
Metode yang banyak digunakan saat ini adalah metode fermentasi menggunakan bakteri, tetapi metode tersebut dianggap kurang efisien dikarenakan: (i) untuk reaksi netralisasi dan purifikasi pH reaksi harus dipertahankan antara 5-7, (ii) jumlah asam laktat yang dihasilkan rendah dan (iii) bahan awal reaksi adalah karbohidrat yang dapat dikonsumsi oleh manusia, maka dari itu dibutuhkan alternatif lain yang dapat meningkatkan kemampuan produksi asam laktat (Datta dan Henry, 2006).

### 2.3 Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat

Konversi selulosa menjadi asam laktat secara umum terbagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap hidrolisis selulosa menjadi glukosa dan konversi glukosa menjadi asam laktat. Tahapan reaksi berupa reaksi hidrolisis, isomerisasi, retro-aldol, dan dehidrasi dapat dilihat melalui Gambar 2.5.

Reaksi hidrolisis merupakan tahap pertama pada reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat. Reaksi hidrolisis merupakan reaksi pemecahan polisakarida menjadi monomer gula yang dapat dilakukan secara kimia ataupun enzimatik (Trisanti, 2010). Hidrolisis menyebabkan putusannya ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik pada selulosa (Fan dkk., 1987).

Reaksi isomerisasi yang menjadi tahapan berikutnya dalam reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat, melibatkan perubahan glukosa menjadi fruktosa yang merupakan isomernya. Pada reaksi isomerisasi ini terjadi transfer hidrogen dari atom C-2 ke C-1 dan O-2 ke O-1.



Gambar 2.5 Mekanisme reaksi konversi selulosa menjadi beberapa senyawa kimia (Wattanapaphawong, dkk., 2017)

Reaksi retro-aldol berikutnya memutus ikatan C-3 dan C-4 pada fruktosa lalu membentuk dihidroksiaseton serta gliseraldehida. Gliseraldehida berikutnya membentuk asam laktat sedangkan dihidroksiaseton mengalami dehidrasi terlebih dahulu untuk membentuk asam laktat. Setiap tahapan dalam reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat membutuhkan katalis. Penggunaan katalis yang tepat perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi aktivitas dan selektivitas dari reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat.

## 2.4 Katalis

Katalis mempercepat laju suatu reaksi kimia dengan cara mencari jalur alternatif yang mempunyai nilai energi aktivasi lebih rendah. Katalis tidak mempengaruhi faktor termodinamika seperti entalpi dan entropi, tetapi hanya mempengaruhi faktor-

faktor kinetik seperti laju reaksi, energi aktivasi, dan keadaan transisi (Susetyo, 1987). Reaksi kimia yang dibantu oleh katalis disebut reaksi katalisis. Katalisis merupakan proses siklik dimana katalis akan berikatan dengan reaktan membentuk kompleks yang pada akhir reaksi akan terpisah menghasilkan produk dan katalis. (Atkins, 1990). Menurut Setyawan (2003) kualitas katalis dapat dinilai dari beberapa faktor diantaranya sebagai berikut:

1. Aktivitas, yaitu kemampuan katalis dalam mengubah reaktan menjadi produk secara menyeluruh.
2. Selektivitas, yaitu kemampuan katalis untuk mengubah reaktan menjadi produk yang diinginkan dari jumlah keseluruhan produk yang dihasilkan.
3. Kestabilan, yaitu kemampuan katalis dalam mempertahankan struktur dan komposisi dalam perubahan suhu dan waktu tertentu.
4. Rendemen, yaitu kemampuan katalis untuk menghasilkan produk tertentu dari sejumlah reaktan.

(Setyawan, 2003).

Katalis dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria diantaranya struktur, komposisi, dan fasa. Fasa dalam hal ini adalah fasa media yang digunakan dalam reaksi katalisis seperti padat, gas, dan cair. Katalis berdasarkan fasanya terbagi menjadi dua, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen.

#### **2.4.1 Katalis Homogen**

Katalis homogen didefinisikan sebagai katalis yang memiliki fasa yang sama dengan reaktan dari reaksi yang dikatalisis (Helwan, dkk., 2009). Katalis homogen pada umumnya berupa fasa gas dan cair. Penggunaan katalis homogen memberikan beberapa kelebihan yaitu dapat digunakan pada tekanan dan suhu yang rendah. Selain itu juga memiliki aktivitas dan selektivitas yang tinggi (Thomas dan Thomas, 1997). Wang dkk. (2013) melaporkan penggunaan katalis homogen  $PbCl_2$  pada



reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat menghasilkan asam laktat dengan yield sebesar 68% (Wang dkk., 2013). Hal yang sama dilaporkan dengan menggunakan katalis homogen  $\text{ErCl}_3$  yang memberikan yield asam laktat sebesar 91% (Lei dkk., 2014). Akan tetapi penggunaan katalis homogen memiliki kekurangan yaitu tingkat kesulitan cukup tinggi pada saat proses pemisahan antara katalis dan produk yang berpengaruh terhadap pemakaian kembali katalis (Yang dkk., 2016).

#### **2.4.2 Katalis Heterogen**

Katalis Heterogen didefinisikan sebagai katalis yang memiliki fasa berbeda dengan reaktannya (Helwani dkk., 2009). Katalis heterogen memiliki kelebihan dibandingkan katalis homogen yaitu proses pemisahannya yang lebih mudah dilakukan. Selain itu, katalis heterogen lebih stabil pada kondisi dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Hal tersebut menyebabkan katalis heterogen banyak digunakan di dunia industri dikarenakan proses produksi dapat berlangsung cepat dan juga biaya produksi dapat berkurang (Cox, 2004).

Sifat-sifat dari katalis heterogen dapat ditentukan melalui reaksi katalis. Penentuan sifat katalis tersebut memiliki beberapa tahapan. Menurut Knözinger dkk. (1991) Tahapan katalisis heterogen antara lain sebagai berikut :

1. Difusi reaktan pada lapisan luar partikel katalis
2. Difusi reaktan melewati pori menuju sisi aktif katalis
3. Adsorpsi reaktan pada sisi aktif
4. Reaksi permukaan pembentukan berbagai intermediet dari produk.
5. Desorpsi produk dari sisi aktif katalis
6. Difusi dalam produk melewati pori
7. Difusi produk melewati lapisan luar partikel katalis

(Knözinger dkk., 1991)

Aktivitas dan selektivitas dari katalis heterogen lebih rendah dibandingkan katalis homogen. Hal ini dikarenakan interaksi permukaan katalis heterogen dengan reaktan yang teradsorpsi tidak terlalu tinggi sehingga menyebabkan tingginya energi aktivasi untuk melakukan reaksi. Faktor lain yang mempengaruhi aktivitas dan selektivitas yaitu sifat keasaman katalis yang secara umum terbagi menjadi dua, yaitu asam Lewis dan Brønsted (Lloyd dkk., 2011).

### 2.4.3 *Doping* Katalis

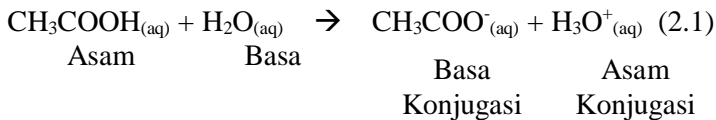
*Doping* katalis merupakan teknik sintesis katalis oksida logam dimana sejumlah logam digantikan dengan logam lain tanpa mengubah struktur dasar katalis. *Doping* katalis dilakukan dengan cara mereaksikan *dopant* dan prekursor (Campanati dkk., 2003). Menurut Perego dan Villa (1997) pencampuran *dopant* dilakukan bersamaan dengan reaktan pada perbandingan komposisi tertentu. Proses *doping* dilakukan dalam rentang waktu tertentu hingga terbentuknya padatan. Padatan tersebut selanjutnya dikeringkan untuk menghilangkan sisa-sisa pelarut. Tahap akhir dari proses *doping* adalah kalsinasi yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan.

*Dopant* yang biasa digunakan dalam proses *doping* pada umumnya berasal dari logam ataupun oksida logam baik golongan utama maupun transisi (Campanati dkk., 2003). Kelebihan dari *doping* katalis yaitu dapat meningkatkan stabilitas, aktivitas, dan selektivitas suatu katalis pada reaksi katalisis. Murwani dkk. (2004) melaporkan bahwa penggunaan logam Ni sebagai *dopant* pada katalis  $\text{MgF}_2$  dapat meningkatkan keasaman katalis sehingga mengakibatkan aktivitas katalitik dari katalis  $\text{MgF}_2$  ikut meningkat.

## 2.5 Keasaman Katalis

Seorang ilmuwan Denmark Johannes Nicolaus Brønsted dan ilmuwan asal Inggris Thomas Martin Lowry mengemukakan sebuah teori pada tahun 1923 yang dikenal dengan asam-basa Brønsted-Lowry yang mendefinisikan asam Brønsted-Lowry merupakan suatu zat yang mampu mendonorkan proton kepada

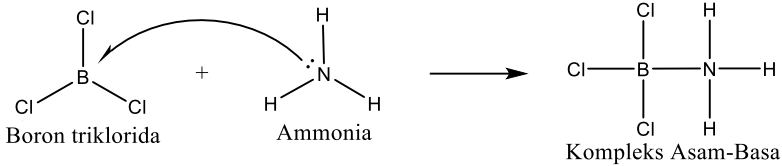
senyawa lain, sedangkan basa Brønsted-Lowry adalah suatu zat yang mampu menerima proton dari senyawa lain atau disebut akseptor proton (Kaufmann, 1988). Salah satu reaksi yang menggambarkan teori asam-basa Brønsted-Lowry ditunjukkan pada persamaan 2.1.



(Oxtoby dkk., 2012)

Pada persamaan 2.1  $\text{CH}_3\text{COOH}$  mendonorkan proton ke molekul  $\text{H}_2\text{O}$  sehingga  $\text{CH}_3\text{COOH}$  berperan sebagai asam dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang menerima proton dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$  berperan sebagai asam konjugat.  $\text{H}_2\text{O}$  yang merupakan akseptor proton dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$  bertindak sebagai basa dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang merupakan hasil dari proton yang didonorkan dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$  berperan sebagai basa konjugat.

Asam Lewis dikemukakan pada tahun 1923 oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Amerika. Lewis mendefinisikan asam sebagai spesi yang dapat menerima sepasang elektron sedangkan basa merupakan spesi yang mampu memberikan sepasang elektron. Teori asam basa Lewis dapat memberikan pemahaman yang lebih luas dibandingkan apa yang dikemukakan oleh Brønsted-Lowry yang dibatasi oleh spesi-spesi yang hanya mengandung proton. Contoh dari reaksi asam basa Lewis yaitu reaksi antara boron trifluorida dan ammonia yang disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Reaksi Asam-Basa Lewis

Pada Gambar 2.6 dapat dilihat bahwa ammonia bertindak sebagai basa Lewis karena mendonorkan pasangan elektron bebas kepada  $\text{BF}_3$ .  $\text{BF}_3$  yang menerima elektron (akseptor elektron) berperan sebagai asam Lewis. Ikatan yang terbentuk antara ammonia dan boron triklorida disebut dengan ikatan kovalen koordinasi.

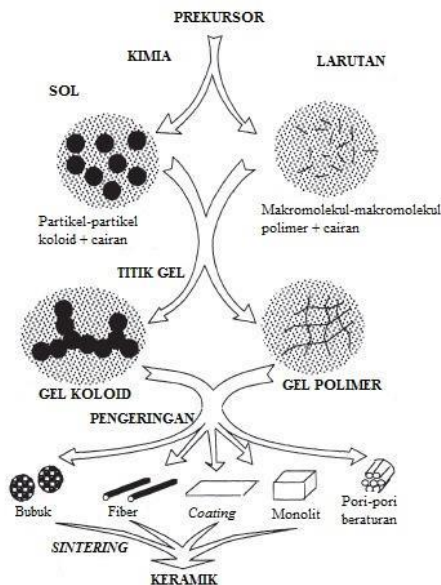
Keasaman pada katalis merupakan faktor yang penting dalam reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat (Yang dkk., 2015). Katalis yang memiliki sisi asam Lewis berperan dalam konversi fruktosa menjadi asam laktat sedangkan katalis yang memiliki sisi Brønsted berperan dalam hidrolisis selulosa menjadi glukosa sebagai monomernya.  $\text{MgF}_2$  merupakan katalis yang memiliki sisi asam Lewis dan asam Brønsted (Kemnitz dkk., 2011).

## 2.6 Metode Sol-Gel

Kemnitz dan Noack (2015) melaporkan bahwa logam hidroksida fluorida yang memiliki dua sisi asam, yaitu asam Brønsted dan asam Lewis dapat disintesis dengan metode sol-gel. Metode sol-gel menurut Murwani dkk. (2008) didefinisikan sebagai proses sintesis senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan dimana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari fasa awal berupa suspensi koloid (Sol) menjadi fasa cair kontinu (Gel).

Tahapan awal metode sol-gel yaitu terjadinya pembentukan suspensi koloid dari partikel padat dengan diameter kurang dari 200 nm yang diperoleh dengan cara melarutkan logam dan alkohol menjadi logam alkoksida. Prekursor yang

mudah terhidrolisis akan mempengaruhi kecepatan reaksi kondensasi. Logam alkoksida merupakan prekursor yang mudah terhidrolisis (Pierre, 1998). Sol terbentuk setelah dilakukan penambahan *gelling agent* sambil dilakukan pengadukan secara kontinu. Sol yang terbentuk dalam jumlah banyak akan membentuk jaringan gel yang kemudian menjadi gel stabil. Tahapan berikutnya adalah proses pembentukan xerogel dengan melakukan pengeringan gel stabil. Metode sol gel dinilai memiliki kelebihan karena lebih mudah dalam mengontrol volume pori, ukuran pori, dan distribusi ukuran pori dari suatu katalis (Perego dan Villa, 1997). Pierre (1998) menjelaskan proses sol gel dalam skema yang disajikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema proses sol-gel (Pierre, 1998)

## 2.7 Karakterisasi

Katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  yang telah disintesis kemudian dikarakterisasi struktur kristalnya dengan *X-Ray Diffraction*

(XRD). Selain struktur kristal, gugus fungsi dan ikatan dari katalis diamati dengan Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Sifat keasaman katalis ditentukan dengan metode adsorpsi piridin-FTIR. Luas permukaannya ( $S_{BET}$ ) diukur dengan metode adsorpsi gas  $N_2$ , sedangkan hasil katalisis dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis

### 2.7.1 Difraksi Sinar-X

Sinar-X pertama kali ditemukan pada tahun 1895 oleh ilmuwan asal Jerman bernama Willhelm Conrad Rontgen. Sinar-X banyak digunakan dalam bidang kedokteran dan bidang ilmu material. Hukum yang digunakan sebagai prinsip dasar untuk mempelajari kisi kristal dengan penggunaan sinar-X adalah hukum Bragg yang ditunjukkan melalui persamaan 2.2.

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.2)$$

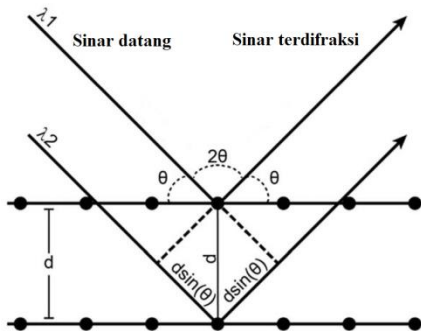
$n = \text{orde } (1, 2, 3, \dots)$

$\lambda = \text{panjang gelombang sinar X } (\text{\AA})$

$d = \text{jarak antar kisi kristal } (\text{\AA})$

$\theta = \text{sudut datang sinar}$

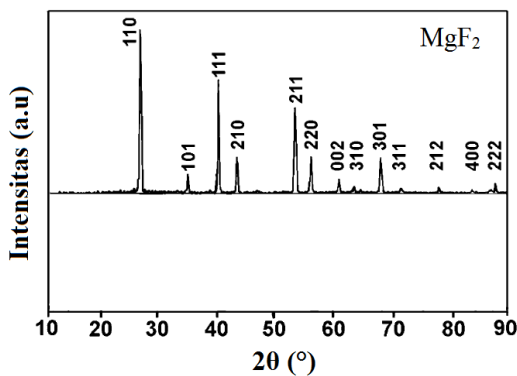
(Skoog dkk., 2007)



Gambar 2.8 Difraksi Sinar X (Stan, 2018)

Difraksi sinar-X atau lebih dikenal dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) adalah sebuah teknik karakterisasi yang digunakan untuk menentukan fasa kristal, struktur kristal, dan kemurnian kristal (Bunaciu dkk., 2015). Prinsip dasar dari instrumen XRD adalah ditembakannya radiasi sinar-X pada permukaan bidang kristal dengan sudut  $\theta$ . Sebagian sinar diteruskan dan sebagian lainnya akan dipantulkan oleh bidang kristal, begitu seterusnya hingga terbentuk pola difraksi yang khas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.

Hasil pantulan sinar-X akan ditangkap oleh detektor yang kemudian ditampilkan sebagai puncak difraksi pada difraktogram. Selanjutnya difraktogram yang diperoleh diidentifikasi dengan cara mencocokkan difraktogram sampel dengan data standar eksternal (Abbas dkk., 2016). Kumpulan data eksternal yang digunakan sebagai standar untuk mencocokkan difraktogram pada sampel terdapat dalam JCPDS (*Joint Committee Powder Diffraction Standard*) (Smith, 1996). Cao dkk. (2004) melaporkan difraktogram katalis  $\text{MgF}_2$  memiliki kecocokan dengan difraktogram pada data JCPDS  $\text{MgF}_2$  No. 72-2231. Difraktogram  $\text{MgF}_2$  disajikan melalui Gambar 2.9. Pada gambar tersebut terlihat bahwa difraktogram memiliki kecocokan pada tiga puncak khas dari  $\text{MgF}_2$  yaitu pada  $2\theta$  27,34; 40,45 dan 53,58° dengan sistem tetragonal.



Gambar 2.9 Pola XRD  $\text{MgF}_2$

### 2.7.2 Pengukuran Luas Permukaan dengan Metode Adsorpsi-Desorpsi Gas N<sub>2</sub>

Adsorpsi didefinisikan sebagai fenomena fisik pada molekul- molekul dengan fasa gas atau cair berinteraksi dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tersebut mengembun pada permukaan padatan (Suryawan, 2004). Prinsip dasar dari metode adsorpsi-desorpsi ini adalah adsorpsi fisik (fisisorpsi) molekul gas inert pada permukaan padatan. Gas yang digunakan adalah gas yang hanya teradsorpsi pada permukaan padatan dan terdesorpsi dengan penurunan tekanan gas pada suhu yang sama. (Skoog dkk., 2007).

Gas nitrogen (N<sub>2</sub>) merupakan salah satu gas yang memiliki sifat tersebut. Metode adsorpsi nitrogen dapat digunakan untuk menentukan :

1. Total permukaan padatan (Metode BET)
2. Total permukaan di luar mikropori
3. Perbandingan distribusi permukaan mesopori
4. Volume mikropori
5. Perbandingan volume mesopori dan distribusi dengan ukuran mesopori.

(Leofanti dkk., 1997)

Penentuan luas permukaan padatan dapat dijelaskan dengan teori BET (Brunauer-Emmett-Teller) melalui persamaan 2.3.

$$\frac{P}{V(P-P_0)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C-1}{V_m C} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (2.3)$$

P = Tekanan uap adsorbat

P<sub>0</sub> = Tekanan uap murni dari adsorbat

C = Konstanta BET

V = Volume adsorbat yang terserap pada tekanan P/P<sub>0</sub>

V<sub>m</sub> = Volume adsorbat pada lapisan monolayer padatan

(Condon, 2006)



Nilai  $V_m$  yang diperoleh digunakan untuk menghitung luas area permukaan dengan persamaan 2.4.

$$SA = \frac{V_m}{0,0224} \cdot N \cdot A_m \cdot 10^{-18} \quad (2.4)$$

$SA$  = Luas permukaan padatan

$A_m$  = Luas sebaran adsorbat (16,2 Å)

$V_m$  = Volume adsorbat (cm<sup>3</sup>) per gram padatan

$N$  = Bilangan Avogadro (6,02 x 10<sup>-23</sup> partikel/mol)

(Prasetyoko dkk., 2016)

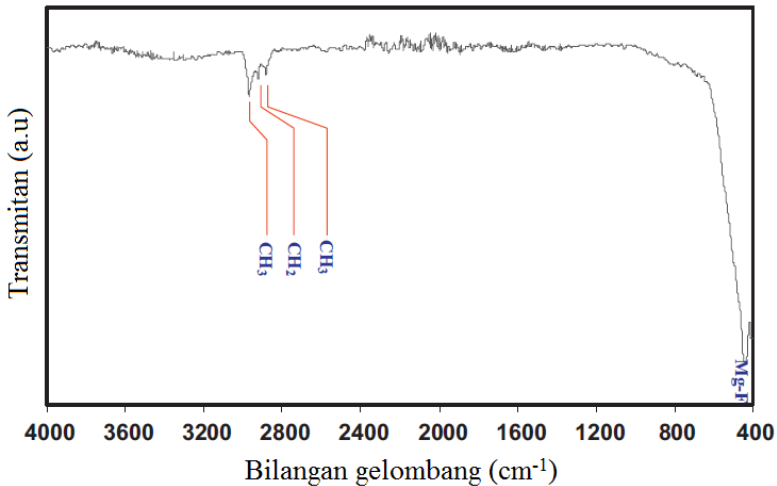
### 2.7.3 Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infra-Red)

*Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy* merupakan salah satu metode analisis yang dapat menganalisa suatu material secara kualitatif dan kuantitatif. Metode ini ditemukan pada tahun 1822 oleh J.B. Fourier seorang matematikawan asal Perancis. Beberapa gas, cairan, dan padatan dapat dianalisis dengan metode ini, kecuali logam, gas monoatomik, dan homonuklear seperti He, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan karena spektra inframerah material tersebut berada pada daerah *fingerprint* (Cahn dan Lifshin, 1993).

Prinsip dari metode ini adalah eksitasi getaran dari ikatan molekuler yang disebabkan oleh energi dari sinar inframerah (Taha dkk., 2013). Pada spektroskopi inframerah radiasi secara fisik terbagi menjadi penyusun panjang gelombang dan monokromator yang berinteraksi dengan sampel, berbagai panjang gelombang selanjutnya diolah secara berurutan. Pada FTIR radiasi pada setiap panjang gelombang melewati sampel hingga detektor. Detektor berfungsi untuk mengukur intensitas total yang ditransmisikan sebagai fungsi dari perpindahan dari salah satu cermin di *interferometer double beam*. Pemisahan panjang gelombang yang bermacam-macam dilakukan dengan menggunakan metode *Fourier-Transform* (Susetyo, 1987).

Analisis FTIR pada sampel padatan pada umumnya menggunakan KBr. KBr digunakan karena dapat mendispersi senyawa dalam padatan tanpa merusak strukturnya, selain itu juga

KBr tidak memiliki serapan energi pada bilangan gelombang sinar inframerah. Pada analisis FTIR KBr berfungsi untuk mengurangi kuat absorpsi senyawa dalam padatan (Leofanti dkk., 1997). Gambar 2.10 menunjukkan contoh spektra FTIR dari  $\text{MgF}_2$ , pada gambar tersebut terlihat bahwa vibrasi tekuk F-Mg-F muncul pada bilangan gelombang 435  $\text{cm}^{-1}$ .



Gambar 2.10 Hasil spektra FTIR  $\text{MgF}_2$  (Saberu dkk., 2010)

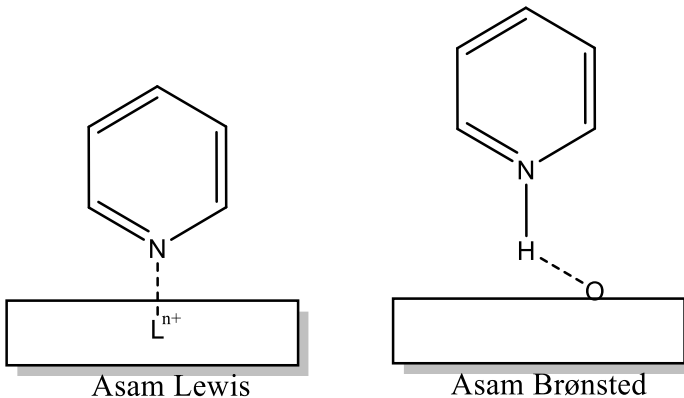
#### 2.7.4 Penentuan Keasaman Katalis dengan Metode Adsorpsi Piridin-FTIR

Keasaman suatu katalis merupakan sifat penting yang mempengaruhi aktivitas dan selektivitas katalis dalam reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat (Yang dkk., 2015). Keasaman katalis dapat berupa asam Lewis, asam Brønsted, ataupun kombinasi dari keduanya. Penentuan sifat keasaman dapat dilakukan menggunakan beberapa metode, salah satunya dengan adsorpsi molekul *probe* ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan piridin) menggunakan metode spektroskopi FTIR.

Penggunaan piridin sebagai molekul *probe* didasarkan pada beberapa hal. Menurut Zaki dkk. (2001) piridin memiliki kelebihan sebagai berikut :

1. Piridin memiliki selektivitas dan stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan  $\text{NH}_3$ .
2. Piridin lebih mudah teradsorp dibandingkan CO dan  $\text{CH}_3\text{CN}$ .
3. Piridin memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap asam Brønsted dan Lewis.

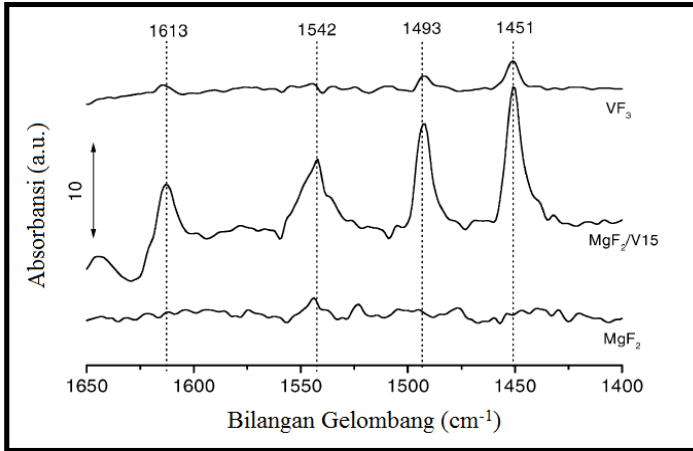
Pembentukan spesi LPy dan koordinasi molekul piridin dengan permukaan padatan mengindikasikan keberadaan sisi asam Lewis. Pembentukan spesi BPy akibat protonasi molekul piridin menjadi ion piridinium mengindikasikan keberadaan sisi asam Brønsted (Lopez dkk., 1995). Gambar 2.11 menunjukkan interaksi molekul *probe* piridin dengan sisi asam Lewis dan asam Brønsted.



Gambar 2.11 Interaksi piridin dengan sisi asam pada permukaan katalis (Layman dkk., 2003)

Kemnitz dan Adamczyk (2002) pada penelitiannya melaporkan spektra hasil adsorpsi piridin FTIR dimana adanya sisi asam Lewis yang muncul pada puncak daerah  $1542\text{ cm}^{-1}$  dan

sisi asam Brønsted yang muncul pada puncak daerah  $1451\text{ cm}^{-1}$  yang disajikan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Spektra FTIR adsorpsi piridin (Kemnitz dan Adamczyk, 2002)

### 2.7.5 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan teknik analisis spektrofotometer menggunakan radiasi elektromagnetik sebagai sumber energi (Day dan Underwood, 2002). Sinar ultraviolet (UV) memiliki panjang gelombang antara 200-400 nm dan sinar tampak (visible) memiliki panjang gelombang antara 400-750 nm (Harmita, 2006). Prinsip dari spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran jumlah cahaya yang diserap oleh molekul dalam suatu larutan sebagai fungsi panjang gelombang (Skoog dkk., 2013). Sinar Ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk menyebabkan transisi antar tingkat energi energi elektronik (Owen, 1996).

Pada suatu medium homogen dilewati suatu berkas sinar, maka sebagian sinar datang akan diabsorpsi, sebagian lainnya akan dipantulkan dan sisanya diteruskan. Hal tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan 2.5.

$$I_o = I_a + I_r + I_t \quad (2.5)$$

dimana  $I_o$  adalah intensitas sinar datang,  $I_r$  adalah intensitas yang dipantulkan,  $I_a$  adalah intensitas sinar yang diabsorpsi, dan  $I_t$  adalah intensitas sinar yang diteruskan. Pada eksperimen  $I_r$  menunjukkan nilai yang sangat kecil sekali, sehingga persamaanya dapat diubah menjadi persamaan 2.6.

$$I_o = I_a + I_t \quad (2.6)$$

Nilai absorbansi yang sebanding lurus dengan konsentrasi molekul yang diserap dan jarak tempuh sinar sesuai dengan Hukum Lambert-Beer yang dinyatakan dalam persamaan 2.7.

$$A = -\log T = \log \frac{I_t}{I_o} = \epsilon bc \quad (2.7)$$

Dimana  $A$  adalah absorbansi,  $a$  adalah absorpsivitas molar/ koefisien ekstingsi ( $\epsilon$ ),  $T$  adalah transmintasi,  $b$  adalah jarak tempuh sinar dan  $c$  adalah konsentrasi (Skoog dkk., 2013).

***“ Halaman Sengaja Dikosongkan ”***

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan metode pada penelitian ini secara garis besar terbagi menjadi tiga, yaitu sintesis, karakterisasi dan pengujian aktivitas katalis dengan variasi suhu, waktu, volume, dan jumlah katalis. Sintesis katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dilakukan dengan metode sol-gel. Katalis hasil sintesis kemudian dikarakterisasi struktur kristalnya dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), diamati ikatannya dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), ditentukan sifat keasaman permukaannya dengan metode adsorpsi piridin-FTIR, diukur luas permukaannya ( $S_{BET}$ ) dengan metode adsorpsi gas  $N_2$ . Hasil uji kemampuan katalitik katalis melalui reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dipindai dengan spektrofotometer UV-Vis.

### **3.1 Alat dan Bahan**

#### **3.1.1 Alat**

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu diantaranya adalah seperangkat alat gelas kimia, botol polietilen, alat refluks, *hot plate-stirrer*, *magnetic stirrer*, alat vakum, termometer, oven, dan neraca. Pengujian aktivitas katalis dilakukan dengan teflon dan *autoclave*. Instrumen yang digunakan meliputi spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (*Shimadzu*), *X-Ray Diffraction* (*Philips X-Pert*), adsorpsi gas  $N_2$  (*Quantachrome Nova*), spektrofotometer UV-Vis (*Genesys 10S UV-Vis*).

#### **3.1.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnesium turning (Sigma-Aldrich, 99,98%), metanol kering (Merck, 99,9%), HF (Merck, 40%),  $H_2O_2$  (Merck, 30%),  $CH_3COOH$  (Merck, 100%), HCl (Merck, 37%),  $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$  (Sigma Aldrich, 99,98%),  $\alpha$ -selulosa (Sigma Aldrich, 92,2%) dan piridin (Merck, 99,5%).

### 3.2 Sintesis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$

Pembuatan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dengan metode sol-gel yang diadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Murwani dkk. (2004). Sintesis diawali dengan mereaksikan Mg *turning* dan metanol kering dalam sistem refluks. Campuran tersebut didiamkan sampai semua Mg *turning* habis. Reaksi lebih lanjut dilakukan pada sistem refluks dengan suhu 65 °C hingga campuran bereaksi sempurna. Pada saat reflux berlangsung dilakukan penambahan larutan  $Ni(CH_3COO)$  sambil diaduk terus menerus secara konstan. Larutan HF 40% kemudian ditambahkan pada campuran hasil reaksi sampai terbentuk sol. Selanjutnya sol tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* secara terus-menerus dengan kecepatan konstan pada suhu ruang hingga gel terbentuk. Gel yang terbentuk kemudian diperam pada suhu ruang hingga gel tersebut stabil. Gel yang telah stabil selanjutnya dikeringkan dengan vakum pada suhu 100 °C sampai terbentuk padatan kering. Padatan kering dikalsinasi pada suhu 375 °C selama 5 jam.

### 3.3 Karakterisasi

#### 3.3.1 Karakterisasi Struktur Kristal Katalis dengan XRD

Struktur kristal padatan katalis hasil dari kalsinasi dikarakterisasi dengan difraktometer sinar-X (XRD). Karakterisasi ini diawali dengan penggerusan padatan katalis dengan mortar agat sampai halus. Serbuk katalis yang telah halus kemudian dikarakterisasi dengan sumber sinar radiasi sinar  $CuK_{\alpha}$  dengan panjang gelombang 1,54 Å dan  $2\theta$  sebesar 20-80°. Difraktogram yang diperoleh selanjutnya dicocokkan dengan database pada JCPDS-*Internal Centre of Diffraction Data* PCPDFWIN tahun 2001.



### **3.3.2 Karakterisasi Ikatan dalam Padatan Katalis dengan FTIR**

Ikatan pada padatan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  diamati dengan spektrofotometer FTIR. Tahapan awal yaitu pembuatan pelet dengan cara mencampurkan sampel berupa padatan katalis dengan serbuk KBr dengan perbandingan 1:9. Campuran tersebut selanjutnya digerus dengan mortar agat sampai halus dan rata. Pembentukan campuran menjadi pelet dibantu dengan alat penekan hidrolis. Pelet yang terbentuk dipindai dengan spektrofotometer FTIR pada panjang gelombang  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  untuk selanjutnya diamati ikatannya.

### **3.3.3 Penentuan Keasaman Padatan Katalis dengan Metode Adsorpsi Piridin-FTIR**

Keasaman katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  diuji dengan metode adsorpsi piridin-FTIR. Karakterisasi ini diawali dengan memanaskan 30 mg katalis pada suhu  $150\text{ }^\circ\text{C}$ , kemudian sampel ditetesi dengan  $50\ \mu\text{l}$  piridin. Tahapan selanjutnya yaitu campuran sampel dan KBr dibentuk menjadi pelet lalu dipindai menggunakan spektrofotometer FTIR pada bilangan gelombang  $1900-1300\text{ cm}^{-1}$ .

### **3.3.4 Pengukuran Luas Permukaan ( $S_{\text{BET}}$ ) Padatan Katalis dengan Adsorpsi Gas $N_2$**

Pengukuran luas permukaan spesifik ( $S_{\text{BET}}$ ) dan volume pori padatan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dilakukan dengan metode BET melalui adsorpsi gas  $N_2$  pada suhu  $77\text{ K}$ . *Degassing* dengan aliran gas nitrogen pada metode ini dilakukan pada suhu  $150\text{ }^\circ\text{C}$  selama 3 jam dalam keadaan vakum. Padatan katalis kemudian ditentukan luas permukaan dan volume porinya dengan metode BET *full isotherm*.

## **3.4 Uji Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ pada Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat**

Katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  hasil kalsinasi diuji selektivitasnya terhadap asam laktat melalui reaksi konversi selulosa menjadi

asam laktat. Uji katalisis dilakukan dengan metode hidrotermal sesuai penelitian Wang dkk. (2015). Pada uji katalisis ini dilakukan variasi terhadap suhu, waktu, jumlah katalis, dan volume larutan HCl encer. Tabel 3.1 menampilkan variasi pada uji katalisis.

**Tabel 3.1** Variasi pada uji katalisis

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Jumlah Katalis (gram)	Volume Larutan HCl encer (0,03%) (mL)
180	120	0,04	40
200	150	0,06	45
220	180	0,08	50
240	210	0,10	55
260	240	0,12	60

Uji katalisis dilakukan dengan cara mencampurkan selulosa dan larutan HCl 0,03% ke dalam *autoclave*. Campuran tersebut kemudian ditambahkan katalis yang sebelumnya telah diaktivasi pada suhu 150 °C. Selanjutnya campuran dipanaskan pada variasi suhu dan waktu yang telah ditentukan. Selain reaktan awal selulosa, pada penelitian ini juga digunakan glukosa sebagai reaktan awal. Setelah reaksi berlangsung, katalis dan sisa selulosa dipisahkan dari filtrat dengan bantuan sentrifugasi. Filtrat hasil pemisahan selanjutnya dipindai dengan spektrofotometer UV-Vis.

### 3.4.1 Penentuan Konsentrasi Asam Laktat dan Glukosa dengan Instrument UV-Vis

Penentuan konsentrasi asam laktat dan glukosa pada penelitian ini menggunakan metode dari penelitian Borshcevska dkk. (2016) dan Pawar dan Mello (2011). Analisis asam laktat dan glukosa yang terkandung dalam filtrat hasil reaksi dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif dengan spektrofotometer UV-Vis. Pada analisis asam laktat  $\text{FeCl}_3$  ditambahkan ke dalam filtrat sebelum pengukuran dilakukan sedangkan pada analisis glukosa filtrat ditambahkan fenol dan asam sulfat pekat terlebih dahulu.

Indikasi yang menunjukkan adanya asam laktat dan glukosa yaitu munculnya puncak pada bilangan gelombang masing-masing 390 dan 485 nm. Perlakuan yang sama dilakukan pada analisa kuantitatif, akan tetapi dibuat terlebih dahulu larutan standar dilanjutkan dengan pembuatan kurva kalibrasi. Filtrat yang didapatkan kemudian dianalisis kuantitatif glukosa dan asam laktatnya dengan spektrofotometer UV-Vis. Persentase *yield* produk asam laktat dan glukosa dapat ditentukan melalui persamaan 3.1:

$$Yield = \frac{\text{mol produk yang terbentuk}}{\text{mol reaktan awal}} \times 100\% \quad (3.1)$$

***“ Halaman Sengaja Dikosongkan ”***

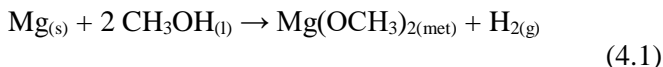
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan sintesis katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$ . Katalis hasil sintesis kemudian dikarakterisasi struktur kristalnya dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), diamati ikatannya dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), ditentukan sifat keasaman permukaannya dengan metode adsorpsi piridin-FTIR dan diukur luas permukaannya ( $S_{BET}$ ) dengan metode adsorpsi-desorpsi gas  $N_2$ . Hasil uji katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  melalui reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dipindai dengan spektrofotometer UV-Vis.

### 4.1 Hasil Sintesis Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$

Sintesis katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dengan metode sol-gel pada penelitian ini diadopsi dari penelitian Murwani dkk. (2004). Menurut Perego dan Villa (1997) metode sol-gel dipilih sebagai metode sintesis karena memiliki beberapa kelebihan yaitu lebih mudah dalam mengontrol ukuran pori, volume pori dan distribusi ukuran pori dari suatu katalis. Keunggulan lain dari proses sol-gel yaitu memiliki energi reaksi yang relatif rendah sehingga reaksi dapat terjadi pada suhu rendah, namun tetap memberikan hasil dengan homogenitas dan kemurnian yang tinggi (Pierre, 1998).

Langkah pertama dari sintesis katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  yaitu mereaksikan Mg *turning* dengan metanol kering dalam sistem refluks pada suhu 65 °C. Setelah beberapa saat muncul gelembung-gelembung gas kecil. Hal tersebut mengindikasikan terbentuknya gas  $H_2$ . Selanjutnya terjadi pembentukan  $Mg(OCH_3)_2$  (magnesium metoksida) ditandai dengan terbentuknya emulsi berwarna putih (Gambar 4.1). Reaksi pembentukan gas  $H_2$  dan  $Mg(OCH_3)_2$  dapat dilihat melalui persamaan 4.1.





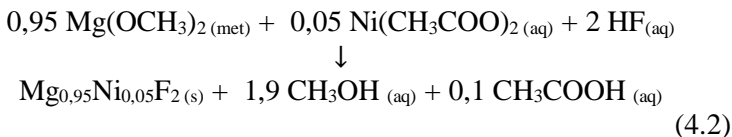
Gambar 4.1 Emulsi Magnesium Metoksida

Tahapan berikutnya adalah proses *doping* dengan melakukan penambahan larutan  $\text{Ni}^{2+}$ . Tujuan dari *doping* larutan  $\text{Ni}^{2+}$  adalah untuk meningkatkan sifat asam lewis pada katalis  $\text{MgF}_2$ , sehingga aktivitas dari katalis  $\text{MgF}_2$  dapat meningkat (Singha, 2017). Ion-ion  $\text{Ni}^{2+}$  diperoleh dari larutan  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Larutan  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

Larutan  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  dimasukkan kedalam emulsi  $\text{Mg}(\text{OCH}_3)_2$ . Perubahan warna terjadi dimana emulsi  $\text{Mg}(\text{OCH}_3)_2$  yang awalnya berwarna putih berubah menjadi warna hijau. Hal tersebut menandakan bahwa larutan  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  telah tercampur secara homogen. Tahapan berikutnya adalah penambahan HF 40% yang dilakukan secara perlahan-lahan dalam wadah plastik. Reaksi antara  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , HF, dan  $\text{Mg}(\text{OCH}_3)_2$  dapat dituliskan dengan persamaan 4.2.



Emulsi menjadi lebih keruh setelah ditamhkannya larutan HF, hal tersebut mengindikasikan terbentuknya sol seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Pengadukan secara konstan dilakukan dengan *magnetic stirrer* agar pembentukan sol terjadi secara merata serta reaksi polimerisasi dapat berlangsung lebih cepat. Setelah beberapa saat larutan menjadi lebih kental yang menandakan terjadinya proses gelasi.

Gel selanjutnya diperam dengan tujuan untuk membuat jaringan menjadi lebih kuat dan stabil. Pada saat pemeraman gel terpisah menjadi 2 fasa yaitu fasa atas berupa larutan jernih dan fasa bawah berupa gel berwarna hijau. Proses selanjutnya adalah pengeringan dengan kondisi vakum. Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan sisa pelarut dan molekul air pada pori gel. Proses pengeringan memberikan hasil berupa padatan berwarna hijau. Padatan hasil pengeringan digerus dan dikalsinasi pada suhu  $375^\circ\text{C}$ . Proses kalsinasi menghasilkan padatan berupa serbuk berwarna hijau kekuningan.

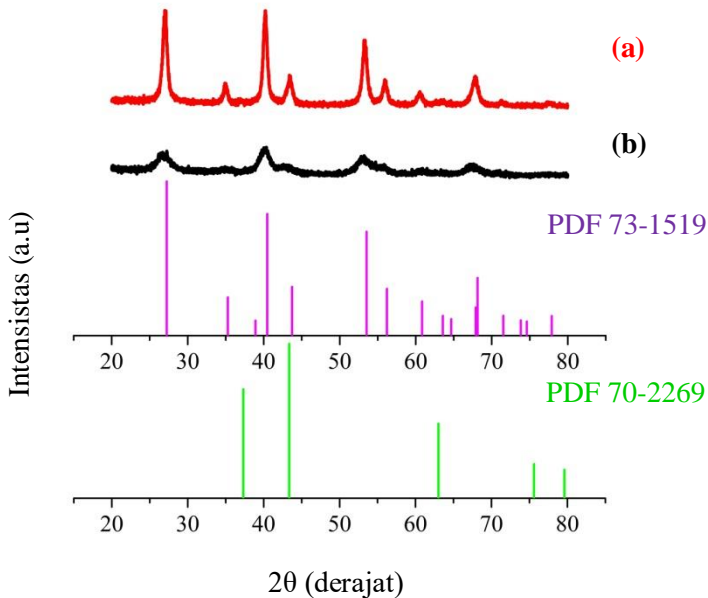


Gambar 4.3 (a) katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sebelum kalsinasi (b) katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sesudah kalsinasi

#### 4.2 Hasil XRD pada Katalis $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$

Padatan katalis dikarakterisasi struktur kristalnya dengan difraksi sinar-X (XRD) pada rentang  $2\theta$  20-80°. Karakterisasi XRD dilakukan pada katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sebelum dan sesudah kalsinasi. Difraktogram hasil karakterisasi dicocokkan dengan dua data standar *database eksternal* JCPDS-*International Centre for Diffraction Data* tahun 2001. Kedua data standar tersebut yaitu PDF  $\text{MgF}_2$  No. 70-2269 dan PDF NiO No. 73-1519. Hasil pencocokan difraktogram menunjukkan bahwa difraktogram katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sebelum dan sesudah kalsinasi memiliki kecocokan dengan puncak khas  $\text{MgF}_2$  yang muncul pada  $2\theta$  27,25; 40,46 dan 53,53° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa difraktogram katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  setelah kalsinasi memiliki puncak dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan puncak katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sebelum kalsinasi. Peningkatan intensitas pada puncak-puncak difraktogram katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  setelah kalsinasi mengindikasikan adanya peningkatan kristalinitas pada katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$ .



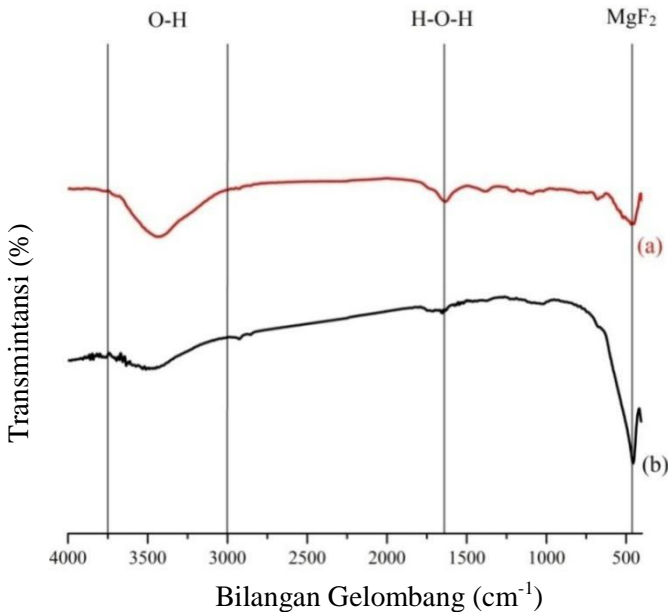


Gambar 4.4 Difraktogram Katalis  $\text{Mg}_{0.95}\text{Ni}_{0.05}\text{F}_2$  (a) Sesudah dan (b) Sebelum Kalsinasi

Peningkatan kristalinitas dapat terjadi akibat adanya senyawa yang terdekomposisi pada saat proses kalsinasi berlangsung. Pada sisi lain NiO yang memiliki puncak khas pada  $2\theta$  37,34; 43,38; 63,02; 75,60 dan 79,60° tidak muncul pada difraktogram  $\text{Mg}_{0.95}\text{Ni}_{0.05}\text{F}_2$ . Hal tersebut menjadi indikasi bahwa logam Ni menggantikan sebagian logam Mg dalam katalis  $\text{Mg}_{0.95}\text{Ni}_{0.05}\text{F}_2$ . Zhang dkk. (2008) melaporkan suatu proses doping terlihat dari kemampuan logam Ni (*dopant*) dalam menggantikan logam Zn dengan baik dimana dapat diindikasikan dengan tidak adanya puncak khas NiO yang muncul pada difraktogram ZnO sebagai kerangka utama.

### 4.3 Hasil FTIR pada Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$

Karakterisasi ikatan kimia dalam katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dilakukan dengan spektrofotometer FTIR pada bilangan gelombang 4000-400  $cm^{-1}$ . Gambar 4.5 menunjukkan spektra FTIR katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dimana terdapat puncak lebar pada bilangan gelombang 3000 hingga 3700  $cm^{-1}$ . Serapan tersebut merupakan vibrasi gugus O-H dari  $H_2O$  yang teradsorpsi secara fisis (Xu dkk., 2010). Hal tersebut dapat dikonfirmasi dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang 1640  $cm^{-1}$  yang merupakan serapan H-O-H.



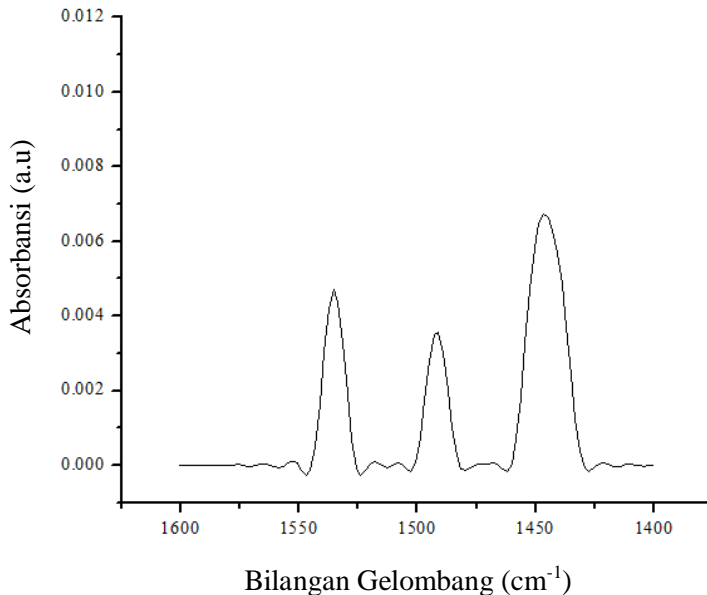
Gambar 4.5 Spektra FTIR  $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$  (a) sebelum kalsinasi (b) setelah kalsinasi

Vibrasi ikatan Mg-F terdeteksi pada bilangan gelombang  $457\text{ cm}^{-1}$ . Menurut Lashgari dkk. (2016), puncak pada bilangan gelombang tersebut indikasi adanya vibrasi tekuk F-Mg-F. Hasil pengamatan FTIR tersebut sesuai dengan hasil XRD yang mengindikasikan proses doping katalis berjalan dengan baik tanpa terjadi perubahan kerangka utama dari  $\text{MgF}_2$ .

Pada Gambar 4.5 terlihat perbedaan antara katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sebelum dan sesudah kalsinasi dimana pada katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sebelum kalsinasi memiliki serapan OH dari  $\text{H}_2\text{O}$  yang lebih lebar dibandingkan katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  sesudah kalsinasi. Hal tersebut merupakan indikasi hilangnya kadar  $\text{H}_2\text{O}$  setelah dilakukannya proses kalsinasi.

#### **4.4 Hasil Penentuan Keasaman Katalis $\text{Mg}_{0,950}\text{Ni}_{0,050}\text{F}_2$**

Jian Lu dkk. (2001) melaporkan bahwa kinerja katalis dipengaruhi oleh sifat keasaman katalis berupa asam Lewis atau Brønsted. Keasaman katalis dapat ditentukan melalui beberapa metode. Pada penelitian ini digunakan metode adsorpsi piridin-FTIR yang diadopsi dari penelitian Murthy dkk. (2004). Penentuan sisi asam pada katalis dalam metode ini didasarkan pada interaksi antara piridin dan sisi asam pada katalis dimana masing-masing sisi asam memberikan puncak vibrasi pada bilangan gelombang tertentu. Hasil adsorpsi piridin-FTIR dari katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  disajikan melalui Gambar 4.4. Pada penelitian ini penentuan keasaman katalis  $\text{Mg}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{F}_2$  besarnya rentang bilangan gelombang  $1600\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$ . Pita serapan serapan asam Brønsted dan asam Lewis masing-masing berada pada rentang bilangan gelombang  $1525\text{-}1545\text{ cm}^{-1}$  dan  $1440\text{-}1460\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pita serapan campuran asam Brønsted-Lewis muncul pada bilangan gelombang  $1480\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ .



Gambar 4.6. Spektra Piridin-FTIR  $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa sisi asam Lewis memiliki puncak yang lebih tinggi dibandingkan sisi asam Brønsted. Integrasi luasan dibawah spektra Piridin-FTIR  $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$  dapat membantu dalam penentuan jumlah masing-masing sisi asam dari katalis  $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$ , sehingga pada penelitian ini dilakukan analisis semi kuantitatif untuk mengetahui besarnya sisi asam dari katalis  $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$ . Hasil analisis semi kuantitatif sisi asam dari katalis  $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$  menunjukkan bahwa sisi asam Lewis memiliki luasan yang lebih besar dibandingkan sisi asam Brønsted dengan nilai masing-masing 0,117 dan 0,047. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa katalis  $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$  memiliki sisi asam Lewis yang lebih dominan dibandingkan sisi asam Brønsted.

#### 4.5 Hasil Pengukuran Luas Permukaan Padatan Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$

Luas permukaan katalis merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi aktivitas katalitik dari suatu katalis (Storck dkk., 1998). Luas permukaan katalis didefinisikan sebagai luas permukaan suatu padatan persatuan massa material ( $m^2/g$ ) (Klobes dkk., 2006). Pada penelitian ini pengukuran luas permukaan padatan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dilakukan dengan metode adsorpsi-desorpsi  $N_2$  melalui pendekatan model Brunauer-Emmett-Teller (BET). Gas nitrogen berfungsi sebagai adsorbat yang menutup permukaan padatan sehingga dapat digunakan dalam penentuan luas permukaan (McCash, 2007). Gas nitrogen dipilih karena gas  $N_2$  merupakan gas inert yang relatif murah, jumlahnya melimpah, dan ukuran molekulnya yang kecil sehingga dapat mengisi semua jenis ukuran pori. Hasil pengukuran luas permukaan spesifik ( $S_{BET}$ ) katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  sebesar  $12,97 m^2/g$ . Murthy dkk. (2004) melaporkan bahwa selain luas permukaan, volume pori juga mempengaruhi kemampuan suatu katalis. Pengukuran volume pori dilakukan dengan metode BJH (Bareet-Joiner-Halenda). Hasil pengukuran volume pori katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  yaitu sebesar  $0,093 cm^3/g$ .

#### 4.6 Uji Awal Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat

Hasil sintesis berupa katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  diuji kemampuan katalisisnya melalui reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat. Pada penelitian ini kondisi reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dilakukan sesuai penelitian (Wang dkk., 2013) yaitu dengan suhu  $240\text{ }^\circ\text{C}$ , waktu reaksi selama 3 jam, dan massa katalis 0,08 gram. Reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat diawali dengan mencampurkan reaktan awal berupa selulosa, air, dan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  yang sebelumnya telah diaktivasi pada suhu  $150\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Pencampuran tersebut dilakukan di dalam *autoclave*, dan dipanaskan dalam oven pada suhu  $240\text{ }^\circ\text{C}$ . Hasil reaksi katalisis berupa cairan dan endapan katalis dipisahkan dengan *sentrifuge*. Residu berupa endapan

katalis dan sisa selulosa ditimbang serta dicatat hasilnya untuk diketahui persen konversinya. Filtrat hasil pemisahan dipindai dengan spektrofotometer UV-Vis untuk selanjutnya dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif kandungan asam laktat dan glukosanya. Analisis kuantitatif dari hasil pemindaian spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan bantuan kurva kalibrasi standar.

Hasil uji awal reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  menunjukkan hasil berupa asam laktat sebesar 9%. Hal tersebut dikonfirmasi dari hasil analisis spektrofotometer UV-Vis dimana terdapat serapan pada bilangan gelombang 390 nm. Berdasarkan hasil tersebut dimana jumlah asam laktat yang terbentuk jumlahnya sedikit maka pada penelitian ini perlu dilakukan uji konversi selulosa menjadi asam laktat dengan reaktan awal glukosa untuk mengetahui kinerja katalis terhadap reaktan awal glukosa. Pengamatan terhadap reaktan awal glukosa dilakukan karena menurut Lei dkk. (2014) reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah konversi selulosa menjadi glukosa dan tahap kedua adalah pembentukan asam laktat.

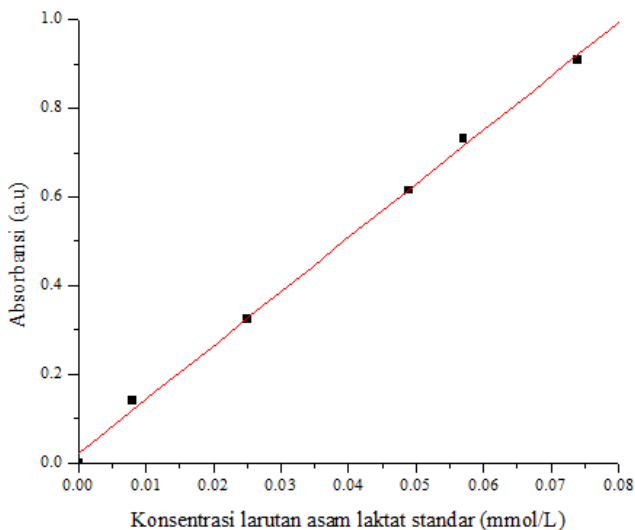
Filtrat hasil uji konversi glukosa menjadi asam laktat menunjukkan bahwa terdapat produk asam laktat. Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa terjadi permasalahan pada tahap pertama konversi selulosa menjadi asam laktat, sehingga dapat disimpulkan bahwa katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  tidak berperan baik dalam hidrolisis selulosa menjadi glukosa. Oleh karena itu perlu ditambahkan promotor untuk membantu proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa.

Herrera dkk. (2004) melaporkan bahwa HCl dapat digunakan untuk membantu proses hidrolisis selulosa sehingga pada penelitian ini air diubah menjadi larutan HCl yang sangat encer. Berdasarkan perhitungan yang dibutuhkan pada penelitian ini, digunakan HCl encer dengan konsentrasi sebesar 0,03%. Setelah itu dilakukan kembali reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan mengubah air menjadi larutan HCl sangat encer.

Berdasarkan analisis filtrat hasil reaksi menunjukkan bahwa terjadi pembentukan asam laktat. Pada penelitian ini dilakukan juga reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat tanpa katalis. Uji tersebut untuk mengetahui pengaruh larutan HCl sangat encer terhadap hasil reaksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak ada asam laktat yang terbentuk sehingga dapat disimpulkan HCl hanya membantu dalam proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa sedangkan pembentukan asam laktat dipengaruhi oleh katalis. Berdasarkan hasil tersebut maka pada penelitian ini air diubah menjadi larutan HCl 0,03%.

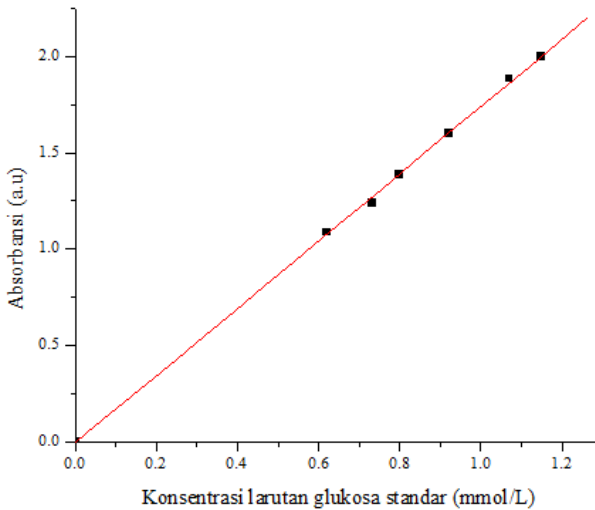
#### 4.6.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Hasil pengukuran absorbansi larutan standar asam laktat dan glukosa ditampilkan pada Lampiran. Data absorbansi dari larutan standar asam laktat dan glukosa yang diperoleh dibuat kurva kalibrasi dengan cara mengalurkan konsentrasi dari masing-masing larutan standar terhadap nilai absorbansinya.



Gambar 4.7 Kurva kalibrasi larutan asam laktat standar

Gambar 4.7 menunjukkan kurva kalibrasi larutan standar asam laktat dengan persamaan garis  $y = 0,01217x + 0,02118$  dengan nilai  $R^2 = 0,998$ . Selain itu, hasil kurva kalibrasi larutan standar glukosa ditampilkan pada Gambar 4.8 kurva kalibrasi larutan standar glukosa memberikan persamaan garis  $y = 1,690x + 0,048$  dengan nilai  $R^2 = 0,995$ .



Gambar 4.8 Kurva kalibrasi larutan glukosa standar

#### 4.7 Optimasi Kondisi Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat

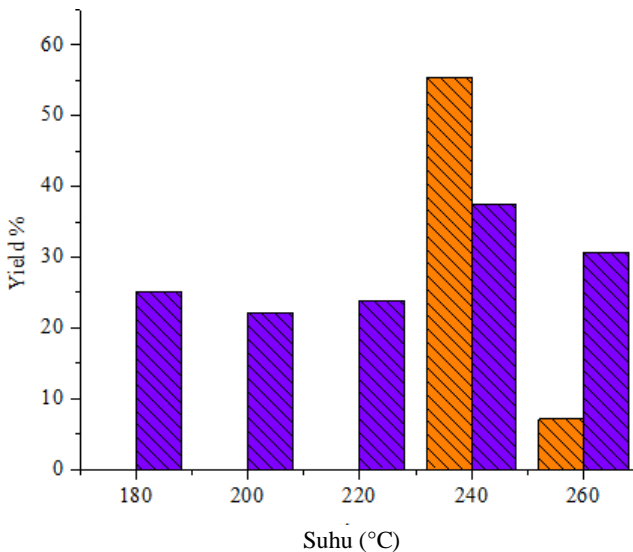
Jumlah asam laktat yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah suhu, waktu, dan massa katalis (Wattanapaphawong dkk., 2017). Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini dilakukan optimasi suhu, waktu, dan massa katalis untuk mendapatkan *yield* asam laktat yang tinggi. Optimasi kondisi reaksi pada konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dilakukan dengan optimasi faktor faktor tersebut . Pada penelitian ini juga dilakukan variasi



volume HCl encer untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil reaksi.

#### 4.7.1 Optimasi Suhu Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat

Langkah awal optimasi reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dilakukan dengan melakukan variasi suhu reaksi. Suhu yang memberikan nilai *yield* terbaik selanjutnya digunakan sebagai suhu optimum reaksi. Reaksi dilakukan pada variasi suhu 180, 200, 220, 240, dan 260 °C dengan massa katalis 0,08 gram, volume larutan HCl encer 50 mL selama 3 jam. Hasil katalisis selanjutnya diolah untuk mendapatkan *yield* asam laktat. *Yield* yang didapatkan selanjutnya dialurkan terhadap suhu yang telah divariasikan.



Gambar 4.9 Histogram *yield* terhadap suhu reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  (Asam Laktat) (Glukosa)

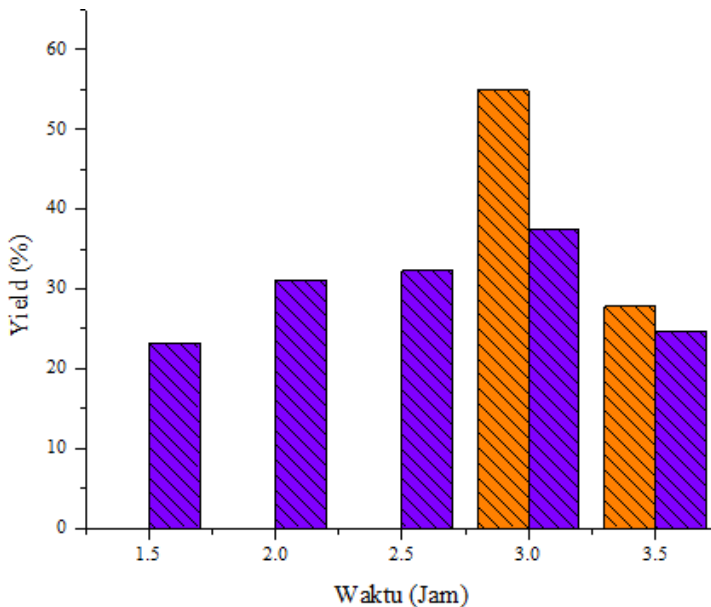
Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pada suhu 180, 200, dan 220 °C tidak terjadi pembentukan asam laktat. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya energi untuk pemutusan ikatan dalam reaktan. Energi tersebut berkaitan dengan adsorpsi katalis pada reaktan. Pada umumnya semakin tinggi suhu maka semakin sulit untuk reaktan dan katalis berikatan sehingga semakin rendah jumlah reaktan yang teradsorpsi pada sisi aktif katalis. Adsorpsi reaktan pada sisi aktif katalis optimum terjadi pada suhu 240 °C. Hal tersebut dikonfirmasi dari *yield* asam laktat maksimum yang didapat sebesar 54,92%. Pada suhu 260 °C *yield* asam laktat menurun menjadi 7,12%. Hasil ini menunjukkan bahwa pada suhu 260 °C terdapat produk lain selain asam laktat dengan jumlah lebih besar.



Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pembentukan glukosa terjadi pada setiap variasi suhu. Pada suhu 240 dan 260 °C masing-masing memiliki *yield* sebesar 37,4 dan 30,7%. Jumlah *yield* asam laktat dan glukosa yang tidak mencapai 100% menunjukkan adanya produk lain. Berdasarkan hasil optimasi suhu yang dilakukan dapat disimpulkan pembentukan asam laktat dan glukosa optimum terjadi pada suhu 240 °C.

#### **4.7.2 Optimasi Waktu Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat**

Tahapan berikutnya adalah optimasi waktu dengan variasi selama 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 jam. Optimasi waktu tersebut menggunakan suhu optimum yaitu pada suhu 240 °C. Histogram *yield* asam laktat dan glukosa terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 4.10. Pada waktu reaksi 1,5-2,5 jam menunjukkan hanya terjadi pembentukan glukosa sedangkan asam laktat tidak terbentuk. Hal tersebut berkaitan dengan proses adsorpsi desorpsi antara permukaan katalis dan reaktan. Pada suatu reaksi katalisis reaktan akan terdifusi pada permukaan katalis sehingga reaksi terjadi pada permukaan katalis, selanjutnya produk reaksi akan

terdesorpsi sehingga dapat terdeteksi didalam larutan hasil reaksi (Knözinger dkk., 1991). Apabila waktu reaksi yang diberikan kurang maka reaksi tersebut belum selesai. Berdasarkan optimasi waktu yang dilakukan butuh waktu reaksi 3 jam untuk asam laktat dapat terbentuk. Waktu reaksi 3 jam merupakan waktu optimum pada konversi selulosa menjadi asam laktat, hal tersebut dikonfirmasi dari *yield* asam laktat maksimum sebesar 54,92%.



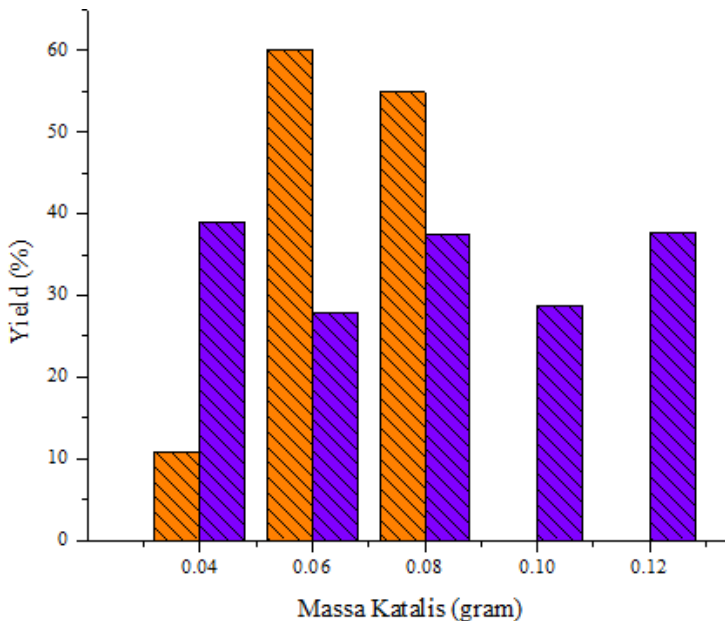
Gambar 4.10 Histogram *yield* terhadap waktu reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  (Asam Laktat)  (Glukosa) 

Pada waktu reaksi yang berlangsung lebih lama yaitu 3,5 jam jumlah asam laktat yang dihasilkan berkurang, dari hasil tersebut ada kemungkinan bahwa terjadi pembentukan produk lain yang dibuktikan dengan total *yield* asam laktat dan glukosa

yang cukup kecil. Pembentukan glukosa terjadi pada setiap variasi waktu dengan urutan dari *yield* terbesar hingga terkecil yaitu  $3 > 2,5 > 2 > 3,5 > 1,5$  jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *yield* glukosa meningkat pada waktu reaksi 1,5; 2; dan 3 jam namun menurun pada waktu reaksi 3,5 jam, sehingga dapat disimpulkan pada waktu reaksi 1,5; 2; dan 3 jam *yield* glukosa meningkat seiring meningkatnya waktu reaksi. *Yield* glukosa optimum sebesar 37,4%. diperoleh pada waktu reaksi 3 jam. Berdasarkan hasil optimasi waktu dapat disimpulkan bahwa pembentukan asam laktat optimum terjadi pada waktu reaksi 3 jam.

#### **4.7.3 Optimasi Massa Katalis pada Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat**

Tahapan selanjutnya adalah optimasi massa katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  pada konversi selulosa menjadi asam laktat pada suhu dan waktu optimum yang diperoleh yaitu suhu 240 °C selama 3 jam. Variasi massa katalis yang digunakan yaitu 0,04; 0,06; 0,08; 0,1, dan 0,12 gram. Gambar 4.11 menunjukkan bahwa pembentukan glukosa terjadi pada tiap variasi massa katalis. *Yield* glukosa optimum sebesar 39,04% diperoleh pada massa katalis 0,04 gram sehingga pada variasi massa tersebut optimum dalam pembentukan glukosa. Pembentukan asam laktat mulai terjadi pada massa katalis 0,04 gram dengan *yield* sebesar 10,85%. *Yield* maksimum sebesar 60,04% diperoleh pada variasi massa katalis 0,06 gram. Penambahan massa katalis menjadi 0,08 gram menyebabkan terjadinya penurunan pada *yield* asam laktat menjadi 54,92% sedangkan pada variasi massa 0,1 dan 0,12 gram tidak terjadi pembentukan asam laktat.



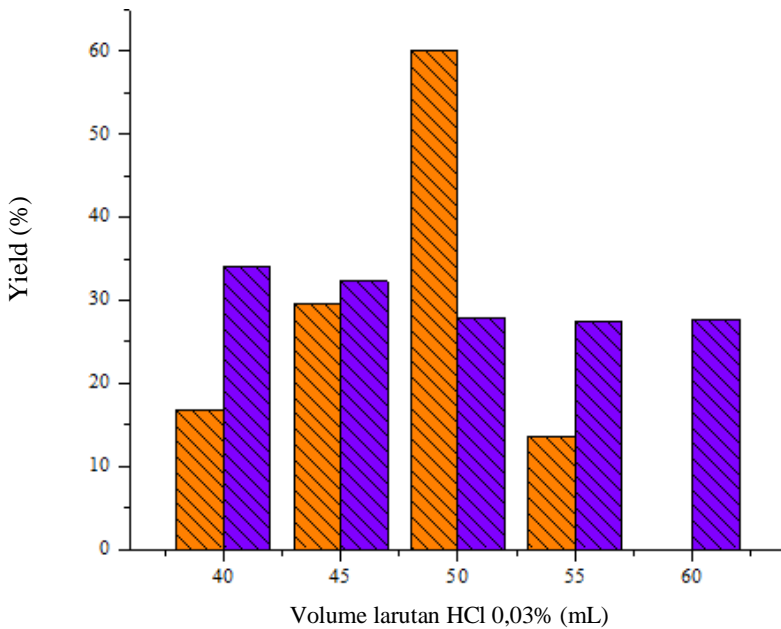
Gambar 4.11 Histogram *yield* terhadap massa katalis pada reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  (Asam Laktat) (Glukosa)

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembentukan asam laktat optimum diperoleh pada massa katalis 0,06 gram sedangkan pada massa katalis yang lebih banyak menyebabkan kinerja katalis dalam membentuk asam laktat menurun dan cenderung lebih selektif terhadap produk selain asam laktat.

#### 4.7.4 Optimasi Volume Larutan HCl encer pada Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat

Variasi volume larutan HCl encer 0,03% merupakan tahapan akhir dari optimasi kondisi reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat. Volume larutan HCl 0,03% yang

divariasikan yaitu 40, 45, 50, 55, 60 mL. Gambar 4.12 merupakan histogram *yield* asam laktat terhadap variasi volume larutan HCl 0,03%. Pembentukan glukosa terjadi pada tiap variasi volume larutan HCl 0,03%. Hasil optimasi menunjukkan bahwa *yield* glukosa optimum sebesar 39,04% diperoleh pada volume larutan HCl 0,03% sebesar 50 mL.

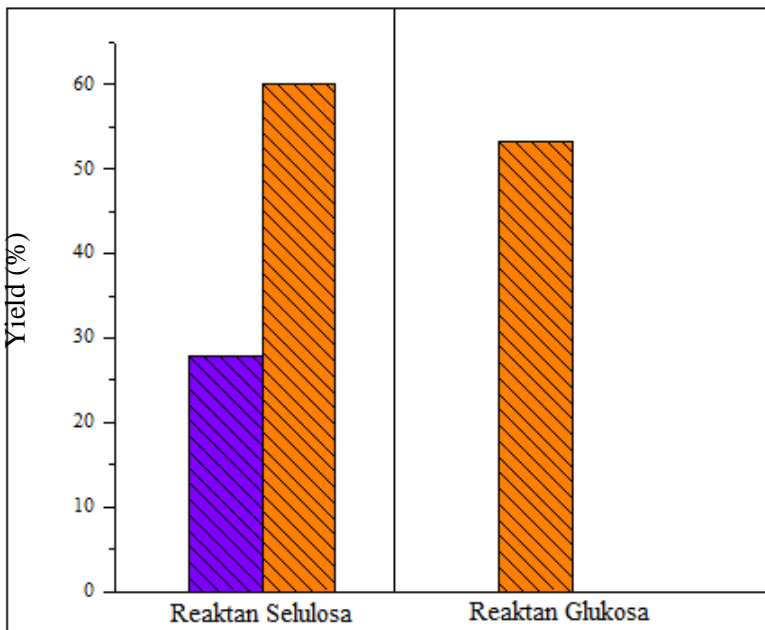




Gambar 4.12 Histogram *yield* terhadap volume larutan HCl reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  (Asam Laktat) (Glukosa)

Di sisi lain peningkatan *yield* asam laktat terjadi seiring dengan peningkatan volume larutan HCl sangat encer dari 40 menjadi 50 mL, sedangkan pada volume larutan HCl sangat encer 50 menjadi 60 mL terjadi penurunan *yield* asam laktat.

Berdasarkan hasil optimasi, volume larutan HCl 0,03% 50 mL merupakan volume optimum pada reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan memberikan *yield* asam laktat sebesar 60,04%.

#### 4.8 Reaksi Konversi Selulosa Menjadi Asam Laktat pada Kondisi Optimum



Gambar 4.13 Histogram *yield* terhadap reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat dengan katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  pada kondisi optimum (Asam Laktat)  (Glukosa) 

Gambar 4.13 menampilkan histogram *yield* terhadap reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat pada kondisi optimum dengan reaktan awal selulosa dan glukosa. Kondisi

optimum yang digunakan yaitu pada suhu 240 °C, massa katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  0,06 gram, volume larutan HCl sangat encer sebanyak 50 mL, dan waktu reaksi 3 jam. Histogram pada Gambar 4.13 menunjukkan produk hasil reaksi konversi selulosa menjadi asam laktat berupa asam laktat dan glukosa. *Yield* asam laktat dari reaktan awal selulosa dan glukosa masing-masing sebesar 60,04% dan 53,32 % sedangkan produk glukosa dari reaktan selulosa memiliki *yield* sebesar 27,84%.

Apabila digunakan acuan produk lain diluar asam laktat dan glukosa maka perhitungannya adalah dimulai dari reaktan glukosa. Produk lain dengan reaktan glukosa diperoleh sebesar (100-53,32) atau 46,68 %. Sedangkan hasil produk lain dengan reaktan selulosa diperoleh sebesar (100-60,04-27,84) atau sebesar 12,12 % sehingga apabila dikembalikan ke perhitungan semula, maka *yeild* asam laktat secara teoritis sebesar 12,55 %. Kenyataannya asam laktat yang dihasilkan sebesar 60,04 %. Hasil ini merupakan indikasi bahwa asam laktat yang terbentuk tidak hanya melalui jalur glukosa.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Pada Penelitian ini telah disintesis katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  dengan metode sol gel. Hasil karakterisasi XRD dan FTIR menunjukkan bahwa proses *doping* logam Ni pada katalis  $MgF_2$  terjadi tanpa perubahan struktur utama katalis  $MgF_2$ . Hasil uji keasaman menunjukkan bahwa katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  memiliki sisi asam Lewis dan asam Brønsted, dimana sisi asam Lewis lebih dominan dibandingkan asam Brønsted. Katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  memiliki luas permukaan dan volume pori masing-masing sebesar  $12,97 \text{ m}^2/\text{g}$  dan  $0,093 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

Hasil uji katalisis melalui reaksi konversi selulosa menunjukkan bahwa katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  tidak berperan baik pada tahap awal hidrolisis selulosa menjadi glukosa sehingga ditambahkan larutan HCl 0,03% sebagai promotor untuk hidrolisis selulosa. Kondisi optimum pembentukan asam laktat terjadi pada suhu  $240 \text{ }^\circ\text{C}$  dengan massa katalis 0,06 gram dan volume larutan HCl sangat encer 50 mL selama 3 jam dengan *yield* asam laktat sebesar 60,04%. Jalur yang digunakan oleh katalis  $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$  untuk pembentukan asam laktat adalah jalur glukosa dan jalur tanpa glukosa.

### 5.2 Saran

Perlu penelitian lebih lanjut jalur reaksi yang terjadi pada pembentukan asam laktat dari selulosa.

***“ Halaman Sengaja Dikosongkan ”***

## DAFTAR PUSTAKA

- A'yuni, Q. (2015). "Sintesis Katalis  $MgF_2$  Metode Sol-Gel dengan Gelating Agent Etanol dan Etilen Glikol serta Kinerjanya pada Reaksi Asetilasi Gliserol", Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Abbas, S., Huang, Y., Lin, J., Abbas, A., Xu, X., Li, J., Wang, S., Jin, X. dan Tang, C. (2016). "High Yield Synthesis and Optical Properties of  $MgF_2$  Nanowires with High Aspect Ratios". *RSC Advances*, 6(35), 29818-29822.
- Atkins, P. W. (1990). Kimia Fisika edisi ke IV, Jakarta: Erlangga.
- Borshchevskaya, L. N., Gordeeva, T. L., Kalinina, A. N. dan Sineokii, S.P. (2016). "Spectrophotometric Determination of Lactic Acid." *Journal of Analytical Chemistry*, 71, hal. 755–758.
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. G. dan Aboul-Enein, H. Y. (2015). "X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications". *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 289–299.
- Cahn, R. W. dan Lifshin, E. (1993). "Concise Encyclopedia of Materials Characterization". Manning, Boston: Butterworth-Heinemann and Greenwich.
- Campanati, M., Fornasari, G. dan Vaccari, A. (2003). "Fundamentals in The Preparation of Heterogeneous Catalysts". *Catalysis Today*, 77, 299- 314.
- Cao, M., Wang, Y., Qi, Y., Guo, C. dan Hu, C. (2004). "Synthesis and Characterization of  $MgF_2$  and  $KMgF_3$  Nanorods". *Journal of Solid State Chemistry*, 177(6), 2205–2209.
- Chambon, F., Rataboul, F., Pinel, C., Cabiac, A., Guillon, E. dan Essayem, N. (2011). "Cellulose Hydrothermal

Conversion Promoted by Heterogeneous Brønsted and Lewis Acids: Remarkable Efficiency of Solid Lewis Acids to Produce Lactic Acid”. *Applied Catalysis B: Environmental*, 105(1), 171-181.

Condon, J. B. (2006). “Surface Area and Porosity Determinations by Physisorption: Measurements and Theory”. Amsterdam, Boston: First Edition, Elsevier.

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

Datta, R. dan Henry, M. (2006). “Lactic Acid: Recent Advances in Products, Processes and Technologies — A Review”. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 81(7), 1119–1129.

Day, R A. dan Underwood, A. L. (2002). Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam, Jakarta: Erlangga.

Fan, L. T., Gharpuray, M. M. dan Lee, Y. H. (1987). “Cellulose Hydrolysis”. *Biotechnology Monographs*. 3, Verlag, Berlin, New York: Springer.

Fransisca, C. (2018). “Sintesis dan Karakterisasi Katalis  $Mg_{1-x}Ni_xF_2$  Serta Aplikasinya pada Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat”. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Gallezot, P. (2012). “Conversion of Biomass to Selected Chemical Products”. *Chemical Society Review*, 41(4), 1538–1558.

Garlotta, D. (2001). “A Literature Review of Poly(Lactic Acid)”. *Journal of Polymers and the Environment*, 9(2), 63–84.

Gates, B. C. (1992), “*Catalytic Chemistry*”. (New York: John

Wiley and Son. Inc.).

- Global Industry Analysis, Inc. (2012). "Lactic Acid Global Strategic Business Report".
- Harmita. (2006). Analisis Kuantitatif Bahan Baku dan Sediaan Farmasi. Jakarta: Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.
- Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Kim, J. dan Fernando, W. J. N. (2009). "Solid Heterogeneous Catalysts for Transesterification of Triglycerides with Methanol: A Review". *Applied Catalysis A: General*, 363, 1–10.
- Herrera, A., Téllez-Luis, S. J., González-Cabriales, J. J., Ramírez, J. A. dan Vázquez, M. (2004). "Effect of The Hydrochloric Acid Concentration on The Hydrolysis of Sorghum Straw at Atmospheric Pressure". *Journal of Food Engineering*, 63(1), 103–109.
- Holtzaple, M. T. (2003). "Hemicelluloses". In *Encyclopedia of Food sciences and Nutrition*.pp, 3060-3071. Academic Press.
- Jian-Lu, Z., Xin-Ping, W., Ke-Gong, F., Tian-Xi, C., Mo-Jie, C. dan Xin-He, B. (2001). "Effect of Support and Acidity of Catalyst on The Direct Oxidation of Ethylene to Acetic Acid". *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 73(1), 13–20.
- Jin Bo, Pinghe Yin, Yibong Ma dan Ling Zha, O. (2005). "Production of Lactic Acid and Fungal Biomassa by Rhizopus Fungi from Food Processing Waste Streams". *Journal Ind. Microbiol. Biotechnol*, 32: 678–686, Australia: Enviromental Biotechnology.

- Kauffman, G. B. (1988). "The Bronsted-Lowry Acid-Base Concept". *Journal of Chemistry. Education*, 65, 28-31.
- Kemnitz, E. dan Noack, J. (2015). "The Non-aqueous Fluorolytic Sol-Gel Synthesis of Nanoscaled Metal Fluorides". *Dalton Trans*, 44, 19411–19431.
- Kemnitz, E., Wuttke, S. dan Coman, S, M. (2011). "Tailor-Made  $MgF_2$ -Based Catalysts by Sol-Gel Synthesis". *European Journal of Inorganic Chemistry*, 4773–4794.
- Kemnitz, E., Zhu, Y. dan Adamczyk B. (2002). "Enhanced Lewis Acidity by Aliovalentcation Doping in Metal Fluorides", *Journal of Fluorine Chemistry*, 114, 163–170.
- Klobes, P., Meyer, K. dan Munro, G. R. (2006). "Porosity and Specific Surface Area Measurements for Solid Materials". Washington: *National Institute of Standards and Technology*.
- Knözinger, H. Brogersma, H. H. dan Van Santen, R. A. (1991). "Heterogenous Catalyst and Catalytic Processes." *Fundamental Aspects of Heterogenous Catalysis Studied by Particle Beams*". New York: Plenum Press.
- Kobayashi, H., Ohta, H. dan Fukuoka, A. (2012). "Conversion of Lignocellulose into Renewable Chemicals by Heterogeneous Catalysis". *Catalysis Science and Technology*, 2(5), 869.
- Lashgari, A., Ghamami, S., Golzani, M., Salgado-morán, G., Glossman-mitnik, D., Gerli-candia, L. dan Abdolmaleki, B. (2016). "Preparation, Identification and Biological Properties of New Fluoride Nanocompounds". *Journal of The Chilean Chemical Society*, 61(4), 3201–3205

- Layman K. A., Ivey M. M. dan Hemminger J. C. (2003), "Pyridine Adsorption and Acid/Base Complex Formation on Ultrathin Films of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on NiAl (100)". *Journal of Physical Chemistry*. 107, 8538–8546.
- Lei, X., Wang, F. F., Liu, C. L., Yang, R. Z. dan Dong, W. S. (2014). "One-pot Catalytic Conversion of Carbohydrate Biomass to Lactic Acid using an ErCl<sub>3</sub> Catalyst". *Applied Catalysis A: General*, 482, 78-83.
- Leofanti, G., Padovan, M., Tozzola, G. dan Venturelli, B. (1998). "Surface Area and Pore Texture of Catalysts", *Catalysis Today*, 41, 207-219.
- Lin, W., Zhu, Y., Wu, N., Xie, Y., Murwani, I. dan Kemnitz, E. (2004). "Total Oxidation of Methane at Low Temperature Over Pd/TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Effects of The Support and Residual Chlorine Ions". *Applied Catalysis B: Environmental*, 50(1), 59–66.
- Lloyd, L., Twigg, M. V. dan Spencer, M. S. (2011). "Handbook of Industrial Catalysts: Fundamental and Applied Catalysis". New York: Springer Science+Business Media.
- Lopez, T., Navarrete, J., Gomez, R., Novaro, O., Figueras, F. dan Armendariz, H. (1995). "Preparation of Sol-Gel Sulfated ZrO<sub>2</sub> SiO<sub>2</sub> and Characterization of Its Surface Acidity". *Applied Catalysis A: General*, 125, 217-232.
- Mäki-Arvela, P., Hachemi, I. dan Murzin, D. Y. (2014). "Comparative Study of The Extraction Methods for Recovery of Carotenoids From Algae: Extraction Kinetics and Effect of Different Extraction Parameters". *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*,

89(11), 1607–1626.

- Martinez, C. F. A., Balciunas, E. M., Salgado, J. M., González, D. J. M., Converti, A. dan Oliveira, R. P. de S. (2013). “Lactic Acid Properties, Applications and Production: A review”. *Trends in Food Science & Technology*, 30(1), 70–83.
- McCash, E. M. (2007). "Surface Chemistry". Oxford University Press. New York.
- Murthy, J. K., Gross, U., Rüdiger, S. dan Kemnitz, E. (2004). “FeF<sub>3</sub>/MgF<sub>2</sub>: Novel Lewis Acidic Catalyst Systems”. *Applied Catalysis A: General*, 278(1), 133-138.
- Murwani, I. K., Kemnitz, E. dan Skapin, T. (2004). “Mechanistic Investigation of the Hydrodechlorination of 1,1,1,2-Tetrafluorodichloroethane on Metal Fluoride-Supported Pt and Pd”, *Catalysis Today*, 88, 153-168.
- Murwani, I. K., Scheurell, K. dan Kemnitz, E. (2008). “Liquid Phase Oxidation of Ethylbenzene on Pure and Metal Doped HS-AlF<sub>3</sub>”. *Catalysis Communication* 10.
- Nampoothiri, K. M., Nair, N. R. dan John, R. P. (2010), “An Overview of The Recent Developments in Polylactide (PLA) Research”. *Bioresour. Technology*, 101(22), 8493-8501.
- Owen, T. (1996). “A Fundamentals of UV-Visible Spectroscopy”. Germany: Hewlett-Packard Company.
- Oxtoby D. W., Gillis H. P. dan Nachtrieb, H. N. (2003). “Prinsip-prinsip Kimia Modern Edisi Keempat Jilid 2”. (Alih Bahasa: Suminar Setiati Achmadi, Ph. D). Jakarta: Erlangga.



- Pawar, H.A. dan Mello (2011), "Spectrophotometric Estimation of Total Polysaccharides in Cassia Tora Gum." *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 01, 93–95.
- Perego, C. dan Villa, P., (1997). "Catalyst Preparation Methods". *Catalysis Today*, 34, 281–305.
- Pierre, C. A. (1998). "Introduction to Sol-Gel Processing". New York: Springer Science+Business Media, Kluwer Academic.
- Prasetyoko, D., Fansuri, H., Ni'mah, Y. dan Fadlan, A. (2016). "Karakterisasi Struktur Padatan". Yogyakarta: First Deepublish.
- Rutjes, F. P. J. T., Feringa, B. L., Kapteijin, F., Meijer, E. W. dan Reek, J. N. H. (2009). "Future Perspective in Catalysis". In Netherlands.
- Rodrigo O. M. A., Leandro S. M. M. dan Rafael L. (2014). "Bio(chemo)technological Strategies for Biomass Conversion into Bioethanol and Key Carboxylic Acids". *Green Chemistry*, 16, 2386-2405.
- Saberi, A., Negahdari, Z., Bouazza, S. dan Willert-Porada, M. (2010). "Synthesis and Characterization of Crystalline Nanosized MgF<sub>2</sub> Powder Via Microemulsion Route." *Journal of Fluorine Chemistry*, 131(12), 1353-1355.
- Setyawan, D. (2003). "Aktivitas Katalis Cr/Zeolit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton", *Jurnal Ilmu Dasar*, 4, 2-5.
- Shriver, D. F. dan Atkins, P. (2009), "Inorganic Chemistry". Oxford University Press, The Great Britain
- Singha, R. K., Shukla, A., Sandupatla, A., Deo, G. dan Bal, R.

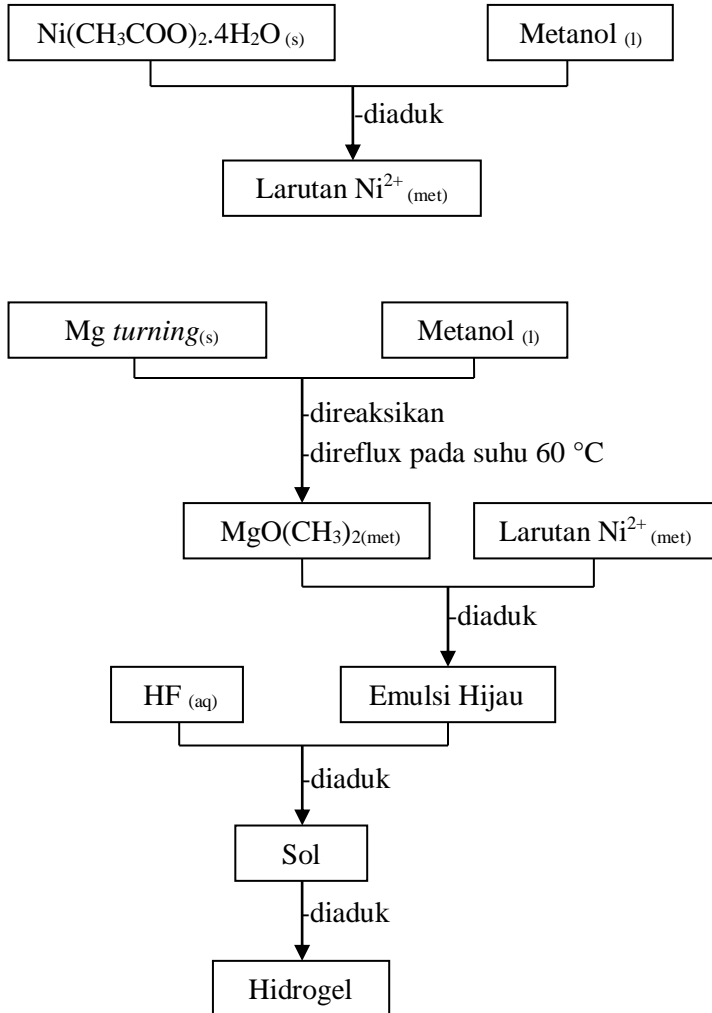
- (2017). "Synthesis and Catalytic Activity of A Pd Doped Ni–MgO catalyst for Dry Reforming of Methane". *Journal of Materials Chemistry A*, 5(30), 15688–15699.
- Skoog, D. A., Holler, F. J. dan Crouch, S. R. (2007). "Principles of Instrumental Analysis". Sixth Edition, Canada: David Harris.
- Skoog, D. A., West, D. M., James Holler, F. dan Crouch, R. C. (2013). "Fundamentals of Analytical Chemistry, 9<sup>th</sup> Edition". Berlin: Springer Berlin Hiedlberg.
- Smith, D.K. (1996), "The Powder Diffraction File: Past, Present, and Future". *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 101(3).
- Stan, C. (2018). "X-Ray Diffraction under Extreme Condition at the Advance Light Source". *Quantum beam Sciences*.
- Storck, S., Bretinger, H. dan Maier, F. (1998). "Characterization of Micro and Mesoporous Solids by Physisorption Methods and Pore Size Analysis". *Applied Catalysis A: General*, 174(1-2), 137–146.
- Suryawan, B. (2004), "Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air". Disertasi. Universitas Indonesia.
- Susetyo, (1987). "Kimia Anorganik". Yogyakarta: Pres Universitas Gadjah Mada.
- Taha, M., Hassan, M., Essa, S. dan Tartor, Y. (2013). "Use of Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Spectroscopy for Rapid And Accurate Identification of Yeasts Isolated from Human and Animals". *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 15–20.
- Thomas, J. M. dan Thomas, W. J. (1997), "Principles and Practice

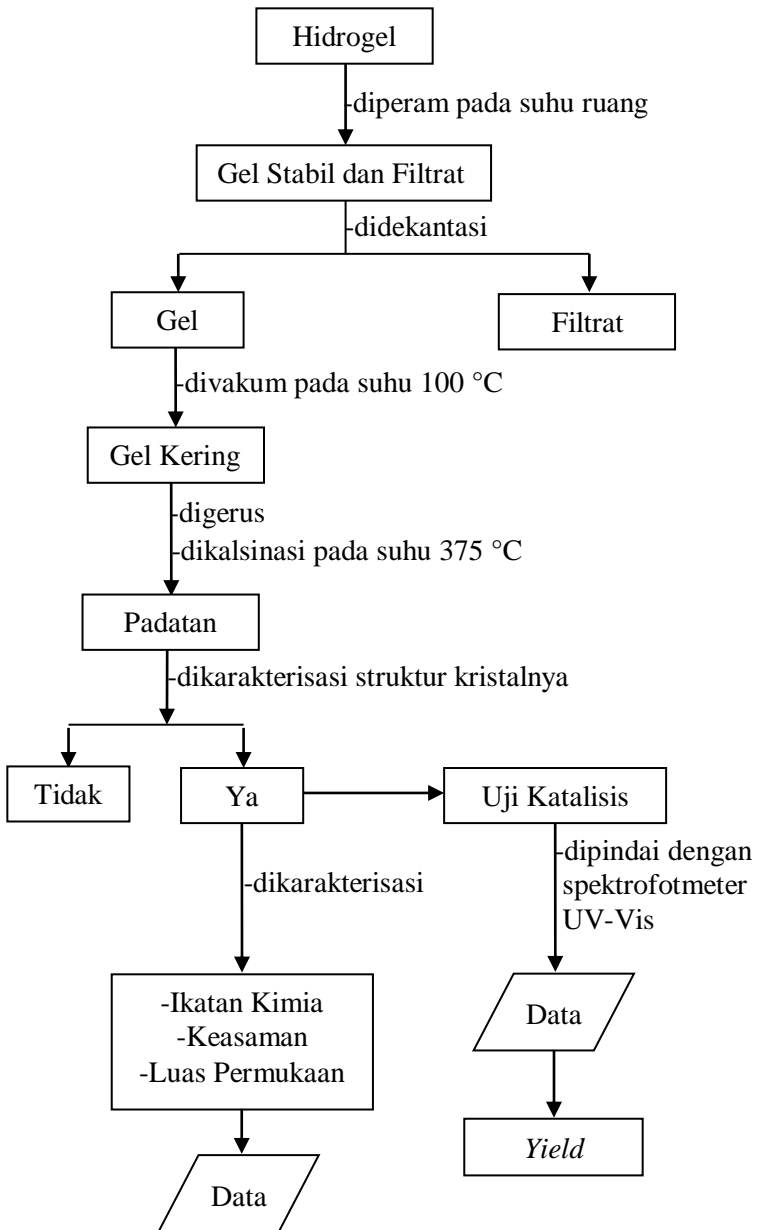
- of Heterogenous Catalyst”. New York: VCH Publisher, Inc.
- Tong, X., Ma, Y. dan Li, Y. (2010). “Biomass into Chemicals: Conversion of Sugars to Furan Derivatives by Catalytic Processes”. *Applied Catalysis A: General*, 385(1-2), 1–13.
- Trisanti, A. (2010). “Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik”. Cibinong : LIPI, 45 (2).
- Van de Vyver, S., Thomas, J., Geboers, J., Keyzer, S., Smet, M., Dehaen, W. dan Sels, B. F. (2011). “Catalytic Production of Levulinic Acid from Cellulose and Other Biomass-Derived Carbohydrates with Sulfonated Hyperbranched Poly(Arylene Oxindole)S”. *Energy & Environmental Science*, 4(9), 3601.
- Wang, Y., Deng, W., Wang, B., Zhang, Q., Xiaoyue, W., Tang, Z., Wang, Y., Zhu, C., Cao, Z., Wang, G. C. dan Wan, H. (2013). “Chemical Synthesis of Lactic Acid from Cellulose Catalysed by Lead (II) Ions In Water”. *Nature Communications*, 4, 2141.
- Wattanapaphawong, P., Sato, O., Sato, K., Mimura, N., Reubroycharoen, P. dan Yamaguchi, A. (2017). “Conversion of Cellulose to Lactic Acid by Using ZrO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts”. 7, 18561-18568.
- Weingarten, R., Tompsett, G. A., Conner, W. C. dan Huber, G. W. (2011). “Design of Solid Acid Catalysts for Aqueous-Phase Dehydration of Carbohydrates: The Role of Lewis and Brønsted Acid Sites”. *Journal of Catalysis*, 279(1), 174–182.

- Xu, L., Ma, Y., Zhang, Y., Chen, B., Wu, Z., Jiang, Z. dan Huang, W. (2010). "Water Adsorption on a Co(0001) Surface". *The Journal of Physical Chemistry C*, 114(40), 17023–17029.
- Yang, L., Su, J., Carl, S., Lynam, J. G., Yang, X. dan Lin, H. (2015). "Catalytic Conversion of Hemicellulosic Biomass to Lactic Acid in pH Neutral Aqueous Phase Media". *Applied Catalysis B. Environmental*, 162, 149–157.
- Yang, L., Yang, X., Tian, E., Vattipalli, V., Fan, W. dan Lin, H. (2016). "Mechanistic Insights into The Production of Methyl Lactate by Catalytic Conversion of Carbohydrates on Mesoporous Zr-SBA-15". *Journal of Catalysis*, 333, 207–216.
- Zaki M. I., Hasan M. A., Al-Sagheer F. A. dan Pasupulety L. (2001). "In situ FTIR Spectra of Pyridine Adsorbed on SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> and CeO<sub>2</sub>: General Considerations for The Identification of Acid Sites on Surfaces of Finely Divided Metal Oxides". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 190, 261–274.
- Zhang, B., Zhang, X. T., Gong, H. C., Wu, Z. S., Zhou, S. M. dan Du, Z. (2008). "Ni-doped Zinc Oxide Nanocombs and Phonon Spectra Properties". *Physics Letters A*, 372, 2300-2303.

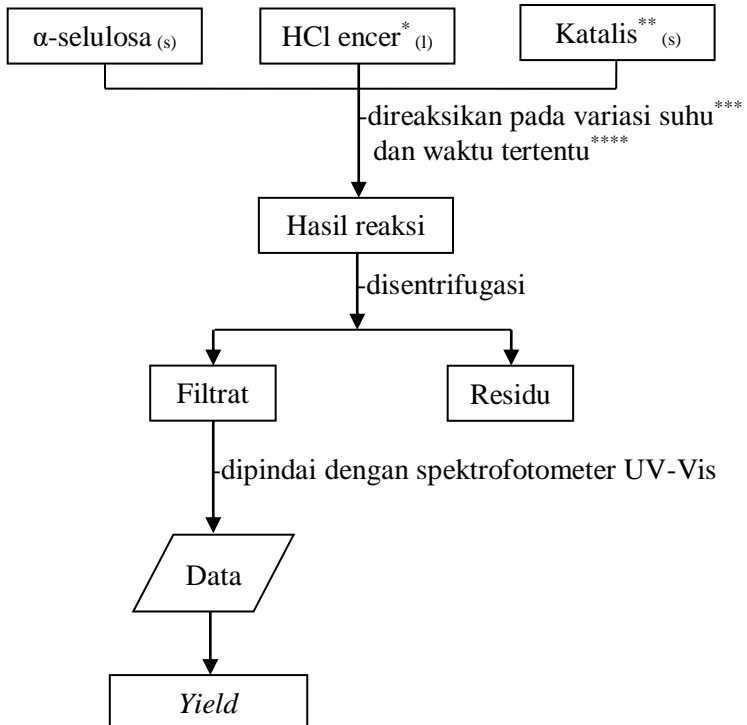
## LAMPIRAN A SKEMA KERJA

### 1. Sintesis Katalis $Mg_{0,95}Ni_{0,05}F_2$





## 2. Reaksi Konversi Selulosa menjadi Asam Laktat



\* = 40, 45, 50, 55, 60 mL  
\*\* = 0,04; 0,06; 0,08; 0,10; 0,12 gram  
\*\*\* = 180, 200, 220, 240, 260 °C  
\*\*\*\* = 90, 120, 150, 180, 210 menit

## LAMPIRAN B

### Database JCPDS-International Centre of Diffraction Data PCPDFWIN 2001

#### 1. Mg<sub>0,95</sub>Ni<sub>0,05</sub>F<sub>2</sub>

70-2269		Wavelength= 1.54184				
MgF <sub>2</sub>		2 $\theta$	Int	h	k	l
Magnesium Fluoride		27.251	999*	1	1	0
		35.283	173	1	0	1
		38.921	7	2	0	0
		40.464	767	1	1	1
		43.737	247	2	1	0
		53.535	641	2	1	1
		56.218	234	2	2	0
		60.842	144	0	0	2
		63.574	41	3	1	0
		64.670	18	2	2	1
		67.900	101	1	1	2
		68.140	311	3	0	1
		71.528	42	3	1	1
		73.826	9	3	2	0
		74.619	1	2	0	2
		77.893	40	2	1	2
		81.353	4	3	2	1
		83.566	26	4	0	0
		86.758	30	4	1	0
		87.522	80	2	2	2
		89.939	39	3	3	0
Rad.: CuK $\alpha$ $\lambda$ : 1.54060 Filter: d-sp: Calculated Cut off: 17.7 Int.: Calculated I/ICor.: 1.53 Ref: Calculated from ICSD using POWD-12+., (1997) Ref: Vidal-Valat, G et al., Acta Crystallogr., Sec. B, 35, 1584 (1979)						
Sys.: Tetragonal S.G.: P4 <sub>2</sub> /mmm (136) a: 4.828(5) b: c: 3.045(3) A: C: 0.6580 $\alpha$ : $\beta$ : $\gamma$ : Z: 2 mp:						
Ref: Ibid.						
Dx: 3.173 Dm: ICSD # : 008121						
Peak height intensity. R-factor: 0.010. Single-crystal data used. PSC: TP6. Structural reference: Vidal-Valat, G et al., Acta Crystallogr., Sec. B, 35, 1584 (1979). Mwt: 62.30. Volume[CD]: 65.22.						

 2001 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved  
PCPDFWIN v. 2.2

#### 2. NiO

73-1519		Wavelength= 1.54060				
NiO		2 $\theta$	Int	h	k	l
Nickel Oxide		37.335	676	1	1	1
		43.381	999*	2	0	0
		63.024	431	2	2	0
		75.598	143	3	1	1
		79.606	103	2	2	2
Rad.: CuK $\alpha$ $\lambda$ : 1.54060 Filter: d-sp: Calculated Cut off: 17.7 Int.: Calculated I/ICor.: 4.74 Ref: Calculated from ICSD using POWD-12+., (1997) Ref: Cairns, R.W., Ott, E., J. Am. Chem. Soc., 55, 527 (1933)						
Sys.: Cubic S.G.: Fm $\bar{3}$ m (225) a: 4.1684(1) b: c: A: C: $\alpha$ : $\beta$ : $\gamma$ : Z: 4 mp:						
Ref: Ibid.						
Dx: 6.850 Dm: ICSD # : 024014						
Peak height intensity. Cl Na type. PSC: cF6. No R value given. At least one TF missing. Structural reference: Cairns, R.W., Ott, E., J. Am. Chem. Soc., 55, 527 (1933). Mwt: 74.70. Volume[CD]: 72.43.						

 2001 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved  
PCPDFWIN v. 2.2



## LAMPIRAN C

### Luas Permukaan ( $S_{BET}$ )

#### 1. Kurva BET $Mg_{0,950}Ni_{0,050}F_2$

Quantachrome® ASiQwin™- Automated Gas Sorption Data  
Acquisition and Reduction  
© 1994-2012, Quantachrome Instruments  
version 3.0



<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator:	Lab. Energi ITS	Operator:	Lab. Energi ITS
Sample ID:	EI-053 ASA01K	Filename:	iq_phisy_st1_2018_03_27_07_37_50EI-053 ASA01K.qps
Sample Desc:		Comment:	
Sample Weight:	0.1955 g	Instrument:	Autosorb iQ Station 1
Approx. Outgas Time:	5.7 hrs	Final Outgas Temp.:	150 °C
Analysis gas:	Nitrogen	Non-Ideality:	6.58e-05 1/Torr
Analysis Time:	4:11 hr:min	Bath temp.:	77.35 K
Analysis Mode:	Standard	Cold Zone V:	2.65399 cc
VoidVol. Mode:	He Measure		
		Extended Info:	Available
		CellType:	9mm w/o rod
		VoidVol Remeasure:	off
		Warm Zone V:	16.5738 cc

#### Multi-Point BET

#### Data Reduction Parameters Data

<b>Adsorbate</b>	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
	Nitrogen	Temperature: 77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å <sup>2</sup>	Liquid Density: 0.808 g/cc

#### Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
5.14115e-02	2.7765	1.5619e+01	2.01768e-01	3.5617	5.6784e+01
7.66403e-02	2.9403	2.2587e+01	2.26235e-01	3.7804	6.1883e+01
1.02208e-01	3.0768	2.9605e+01	2.51581e-01	3.9152	6.8696e+01
1.26747e-01	3.1982	3.6312e+01	2.76884e-01	4.0422	7.5792e+01
1.51811e-01	3.3179	4.3162e+01	3.01800e-01	4.1666	8.3007e+01
1.76838e-01	3.4332	5.0067e+01			

#### BET summary

Slope = 266.123  
Intercept = 2.381e+00  
Correlation coefficient, r = 0.999755  
C constant = 112.768  
Surface Area = 12.970 m<sup>2</sup>/g

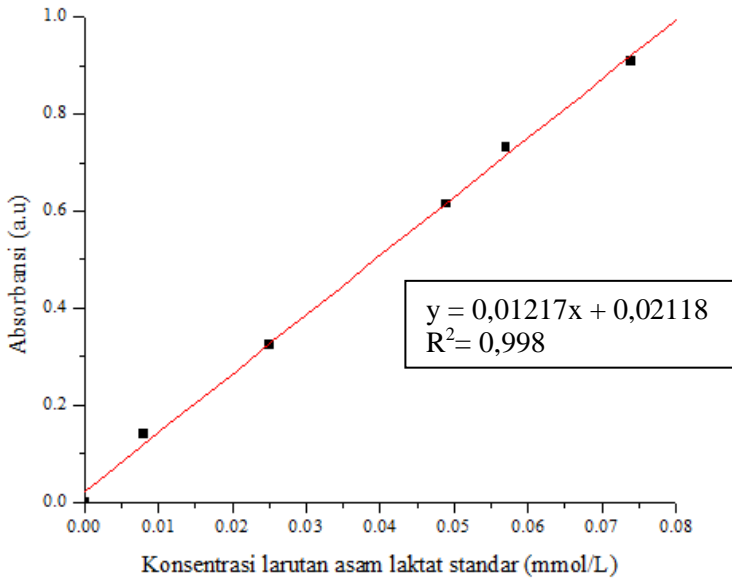
**LAMPIRAN D**  
**Kurva Kalibrasi Standar dan Contoh Perhitungan Hasil Uji**  
**Katalisis**

**1. Kurva Kalibrasi Larutan Standar**

**a. Kurva Kalibrasi Larutan Asam Laktat Standar**

**Tabel D.1** Absorbansi dan Konsentrasi Asam Laktat

<b>Standar</b>	<b>Absorbansi (a.u)</b>	<b>Konsentrasi <math>10^{-3}</math> (mmol/mL)</b>
1	0	0
2	0,140	0,008
3	0,324	0,025
4	0,615	0,049
5	0,732	0,057
6	0,908	0,074

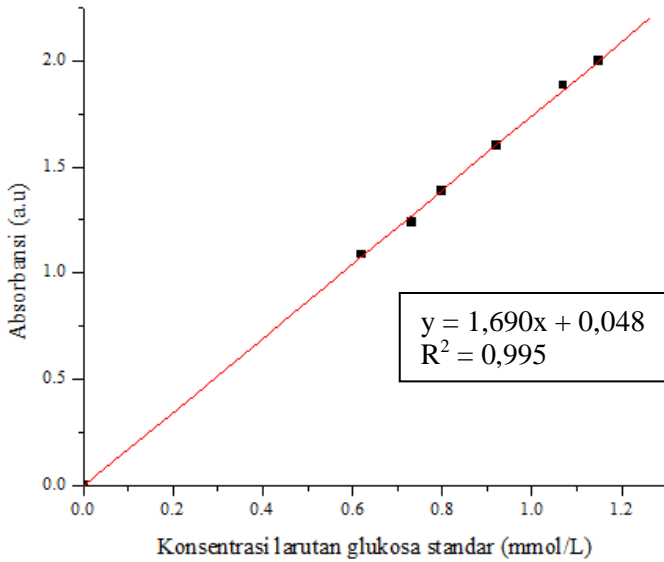


**Gambar D.1** Kurva Kalibrasi Asam Laktat

## b. Kurva Kalibrasi Larutan Glukosa Standar

**Tabel D.2** Absorbansi dan Konsentrasi Glukosa

Standar	Absorbansi (a.u)	Konsentrasi (mmol/mL)
1	0	0
2	1,088	0,621
3	1,239	0,732
4	1,387	0,799
5	1,600	0,921
6	1,886	1,070
7	2,000	1,150



**Gambar D.2** Kurva Kalibrasi Glukosa

## LAMPIRAN E

### Contoh Perhitungan Hasil Uji Katalisis

#### a. Perhitungan Mol Produk Hasil Reaksi

Absorbansi asam laktat adalah 0,268. Persamaan regresi linear asam laktat yang diperoleh:

$$y = 0,01217x + 0,02118$$

dimana:

x = konsentrasi (mmol/L)

y = absorbansi

sehingga konsentrasi dapat diperoleh dengan persamaan:

$$x = \frac{y - \text{intersep}}{\text{gradien}}$$

$$x = \frac{0,268 - 0,02118}{0,01217} = 20,2810 \text{ mmol/L}$$

Konsentrasi asam laktat hasil perhitungan adalah 20,2810 mmol/L

$$V_{\text{produk}} = 50 \text{ mL}$$

Maka:

$$n_{\text{Asam Laktat}} = (\text{mmol/L}) \times V (\text{mL}) \times 10^{-3} \text{ L/mL}$$

$$n_{\text{Asam Laktat}} = 20,281 \text{ mmol/L} \times 50 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L/mL}$$

$$n_{\text{Asam Laktat}} = 1,014 \text{ mmol}$$

#### b. Perhitungan persentase *yield* reaksi

Perhitungan presentase *yield* reaksi dapat dilakukan dengan persamaan 3.1.

$$\% \text{ Yield Asam Laktat} = \frac{\text{mol produk yang terbentuk}}{\text{molreaktanawal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Yield Asam Laktat} = \frac{1,014 \text{ mmol}}{1,833 \text{ mmol}} \times 100\% = 55,32\%$$

**LAMPIRAN F**  
**Tabel Hasil Uji Katalisis**

**a. Tabel Hasil Uji Katalis Variasi Suhu**

Suhu (°C)	Yield (%)	
	Asam Laktat	Glukosa
180	0	25,12
200	0	22,20
220	0	23,88
240	55,43	37,40
260	7,12	30,72

**b. Tabel Hasil Uji Katalis Variasi Waktu**

Waktu (menit)	Yield (%)	
	Asam Laktat	Glukosa
90	0	30,99
120	0	32,33
150	0	23,20
180	55,43	37,40
210	28,05	24,68

**c. Tabel Hasil Uji Katalis Variasi Massa Katalis**

Massa Katalis (gram)	Yield (%)	
	Asam Laktat	Glukosa
0,04	10,85	39,04
0,06	60,08	27,84
0,08	55,43	37,40
0,1	0	28,71
0,12	0	37,75

**d. Tabel Hasil Uji Katalis Variasi Volume HCl**

Volume HCl (mL)	Yield (%)	
	Asam Laktat	Glukosa
40	16,90	34,10
45	29,99	32,03
50	60,08	27,84
55	13,78	27,47
60	0	27,74

***“ Halaman Sengaja Dikosongkan ”***



## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Bandung pada tanggal 6 Agustus 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis tumbuh besar dan bertempat tinggal di Antapani Wetan kecamatan Antapani Bandung. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Griba 32 Antapani (2003-2009), SDN Cikaret Cibinong (2004-2005), SDN Griba 23 Antapani (2005-2009), SMPN 4 Bandung (2009-2012), SMAN 8 Bandung (2012-2015) dan Departemen Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama di masa perkuliahan, penulis pernah menjadi Staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa di Unit Kegiatan Mahasiswa Basket ITS periode 2016-2017, kemudian pernah menjadi staff di Departemen Sosial dan Masyarakat BEM Fakultas Sains dan Analitika Data pada tahun 2017-2018. Penulis mendalami bidang katalis pada laboratorium Kimia Material dan Energi dibawah bimbingan Prof. Dr. rer. nat. Irmina Kris Murwani.