



SKRIPSI –TK141581

**HIDROGENASI GLUKOSA MENJADI
SORBITOL MENGGUNAKAN KATALIS
BERBASIS NIKEL**

Oleh :

Ratna Dewi Pratiwi

0221144000066

Mahendra Puguh Perdana

0221144000082

Dosen Pembimbing :

Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc. Ph.D

NIP. 1977 05 29 2003 12 1002

Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA

NIP. 1950 04 28 1979 03 1002

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT –TK141581

HYDROGENATION OF GLUCOSE TO SORBITOL USING Ni-BASED CATALYST

Authors :

Ratna Dewi Pratiwi

0221144000066

Mahendra Puguh Perdana

0221144000082

Advisors :

Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc. Ph.D

NIP. 1977 05 29 2003 12 1002

Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA

NIP. 1950 04 28 1979 03 1002

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

HIDROGENASI GLUKOSA MENJADI SORBITOL DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS BERBASIS NIKEL

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

Oleh :

Ratna Dewi Pratiwi **NRP. 0221144000066**

Mahendra Puguh Perdana **NRP. 0221144000082**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Firman K., S.T., M.Eng.Sc., Ph.D
(Pembimbing I)
2. Prof. Dr.Ir. Achmad Roesyadi, DEA
(Pembimbing II)
3. Ir. Ignatius Gunardi, M.T
(Penguji I)
4. Dr. Lailatul Qadariyah, S. T., M.T
(Penguji II)

Lurniawan syah
.....
[Signature]
.....
[Signature]
.....
[Signature]
.....



“HIDROGENASI GLUKOSA MENJADI SORBITOL MENGUNAKAN KATALIS BERBASIS NIKEL”

Nama/NRP : 1. Ratna Dewi Pratiwi
(0221144000066)
2. Mahendra Puguh Perdana
(0221144000082)

Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS

Dosen Pembimbing : 1. Firman K., S.T, M.Eng.Sc. Ph.D
2. Prof. Dr. Ir. Achmad R., DEA

ABSTRAK

Sorbitol telah banyak digunakan sebagai pengganti gula untuk penderita diabetes, produksi vitamin C, *softener* dan *moisture stabilizer* di industri makanan, kosmetik, tekstil, industri kertas, dan juga medis. Proses produksi sorbitol kebanyakan menggunakan hidrogenasi dengan bantuan katalis. Katalis yang sering dipakai adalah katalis berbasis Ni, namun keburukannya adalah mudah *leaching* dan deaktivasinya cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan katalis Ni/C dengan metode *wet impregnation*, mengetahui pengaruh % loading Ni pada C terhadap konversi glukosa, dan mengetahui pengaruh temperatur reaksi terhadap yield sorbitol melalui proses hidrogenasi glukosa. Alur dari penelitian ini adalah pembuatan katalis Ni/karbon aktif dimana karbon aktif dibuat sendiri dari bamboo, lalu proses hidrogenasi glukosa. Produk reaksi kemudian dianalisa dengan HPLC. Variabel dalam penelitian ini ada dua yaitu variabel tetap dan berubah. Variabel tetap meliputi % loading Ni, massa katalis (10%) dan jumlah bahan baku (200 mL). Variabel berubah meliputi suhu, dan waktu pengambilan sampel. Ni/Karbon aktif berhasil dibuat dengan luas permukaan 125 m²/g dan loading Ni sebesar 10.03%. Yield sorbitol tertinggi sebesar 3.04% pada 90 °C dan tekanan 5 bar.

Kata kunci : sorbitol, hidrogenasi, katalis Ni/karbon aktif

“HYDROGENATION OF GLUCOSE TO SORBITOL USING Ni-BASED CATALYST”

Name/NRP : 1. Ratna Dewi Pratiwi
(0221144000066)
2. Mahendra Puguh Perdana
(0221144000082)

Departement : Teknik Kimia FTI-ITS

Thesis Supervisor : 1. Firman K., S.T, M.Eng.Sc. Ph.D
2. Prof. Dr. Ir. Achmad R., DEA

ABSTRACT

Sorbitol has been used as sugar substitute for diabetics, also for an additive in vitamin C production, *softener* and *moisture stabilizer* in food industry, cosmetic, textile, paper industry, and medical purpose. Production process of sorbitol mostly use hydrogenation with aid of catalyst. Ni-based catalyst is widely used because it has high selectivity but the main problem is, Ni leaching and fast catalyst deactivation. The aims of this study are to learn how to manufacture a Ni/activated carbon catalyst by using wet impregnation, studied the conversion of % loading Ni to the total catalyst, and learn the temperature variation in the sorbitol yield by glucose hydrogenation . The steps of this research consist of manufacturing of Ni/activated carbon catalyst and hydrogenation of glucose to sorbitol. The product of hydrogenation were analyzed using HPLC. In this research there are fixed variable and changed variable. Fixed variable consist of % loading of Ni, raw material, type of catalyst, and the catalyst mass. Changed variable consist of temperature and time interval for sampling. Ni/AC had been made with surface area of 125 m²/g and loading metal Ni in AC 10.03%. Highest yield of sorbitol was 3.04%, achieved at temperature 90°C and 5 bar pressure.

Key words : sorbitol, hydrogenation, Ni/activated carbon catalyst

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya kami dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Hidrogenasi Glukosa Menjadi Sorbitol dengan Menggunakan Katalis Berbasis Nikel** tepat pada waktunya. Tugas Skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan dan petunjuk dalam menghadapi berbagai kesulitan
2. Orang tua serta seluruh keluarga kami atas doa, dukungan, bimbingan, perhatian dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
3. Bapak Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
5. Bapak Firman Kurniawansyah S.T, M.Eng.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing, atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
6. Bapak Ir. Ignatius Gunardi, M.T selaku dosen kami di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia.
7. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
8. Teman - teman dari Laboratorium Teknik Reaksi Kimia serta semua pihak yang telah banyak membantu, yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu.

Kami menyadari bahwa penulisan laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dan masukan yang konstruktif demi kesempurnaan laporan ini.

Surabaya, 09 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan Penelitian	3
I.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II . TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. Glukosa.....	4
II.2. Hidrogenasi	5
II.3. Katalis dan Material Pendukung	7
II.4. Logam Ni.....	12
II.5. Karbon Aktif.....	13
II.6. Sorbitol.....	17
II.7. Bambu Ori.....	19
II.8. Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III. METODE PENELITIAN	
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
III.2. Variable Penelitian	22
III.3. Peralatan dan Bahan.....	23
III.4. Prosedur Penelitian	24
III.5. Diagram Alir Proses	27
III.6. Gambar Proses Penelitian.....	30
III.7. Teknik Analisis	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Karakterisasi Katalis	37

IV.2. Analisa Produk Hidrogenasi	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1. Kesimpulan	50
V.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Bentuk-bentuk Glukosa.....	4
Gambar II.2 Struktur Kimia Karbon Aktif.....	14
Gambar II.3 Struktur Kimia Sorbitol.....	17
Gambar II.4 Hidrogenasi Glukosa.....	19
Gambar II.5 Kemungkinan dari Hidrogenasi Glukosa.....	19
Gambar III.1 Skema Peralatan Reaktor untuk Karbonisasi dan Kalsinasi.....	23
Gambar III.2 Skema Peralatan Reaktor untuk Proses Hidrogenasi Glukosa.....	23
Gambar IV.1 Grafik Hasil Analisa XRD pada Karbon Aktif.....	39
Gambar IV.2 Grafik Hasil Analisa XRD pada Ni/Karbon Aktif.....	39
Gambar IV.3 Grafik Uji XRD Ni/ Karbon Aktif pada Suhu 90°C..	40
Gambar IV.4 Grafik Uji XRD Ni/ Karbon Aktif pada Suhu 110°C..	41
Gambar IV.5 Grafik Uji XRD Ni/ Karbon Aktif pada Suhu 130°C..	41
Gambar IV.6 SEM/ EDX Karbon Aktif.....	42
Gambar IV.7 Produk Hidrogenasi.....	43
Gambar IV.8 Kandungan Sorbitol dalam Sampel.....	44
Gambar IV.9 Grafik Suhu dan Konsentrasi Glukosa	45
Gambar IV.10 Grafik Konversi Glukosa pada Tekanan 5 bar dan Suhu 90°C.....	46
Gambar IV.11 Grafik Konversi Glukosa pada Tekanan 5 bar dan Suhu 110°C.....	46
Gambar IV.12 Grafik Konversi Glukosa pada Tekanan 5 bar dan Suhu 130°C.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Persyaratan Karbon Aktif SNI.....	14
Tabel II.2 Sifat Fisik Bambu Ori.....	20
Tabel II.3 Sifat Termal Bambu	21
Tabel IV.1 Sifat-sifat Katalis Ni/Karbon aktif	38
Tabel IV.2 Database XRD untuk Katalis Logam	39
Tabel IV.3 Kandungan Glukosa dalam Sampel	45
Tabel IV.4 Hasil Selektivitas dan Yield	47
Tabel IV.5 Nilai Orde Reaksi dan Konstanta Reaksi	49

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Glukosa di Indonesia banyak digunakan sebagai pemberi rasa manis di berbagai olahan makanan. Menurut penelitian di posyandu di wilayah DKI Jakarta tahun 1993, diperoleh data bahwa sekitar 96.7% ibu membelikan jajan makanan manis kepada anaknya dan hanya 3.3% yang membelikan jajan yang mengandung protein (Soesilo dkk,2005). Konsumsi glukosa akan meningkatkan kadar gula dalam darah sehingga kurang dianjurkan bagi penderita diabetes. Diabetes mellitus (DM) merupakan penyakit kronik yang terjadi ketika pancreas tidak cukup dalam memproduksi insulin atau ketika tubuh tidak efisien menggunakan insulin itu sendiri. Insulin adalah hormon yang mengatur kadar gula darah (WADA,2015). Kenaikan kadar gula darah yang tidak terkontrol dalam waktu panjang dapat terjadi kerusakan serius pada beberapa sistem tubuh, khususnya pada pembuluh darah jantung (penyakit jantung coroner), mata (kebutaan), ginjal, dan saraf (stroke) (WHO,1999).

Oleh karena itu, perlu adanya gula buatan seperti sorbitol yang bisa dikonsumsi oleh penderita diabetes. Sorbitol memiliki rasa manis seperti sukrosa tetapi hanya diserap perlahan-lahan dan oleh sebab itu dapat dipakai sebagai pemanis buatan dalam makanan untuk penderita diabetes. Sorbitol merupakan monosakarida poliol yang bisa diperoleh dari sumber yang bisa diperbaharui yaitu glukosa. Gula alkohol ini banyak digunakan sebagai pengganti gula untuk penderita diabetes, produksi vitamin C, *softener* dan *moisture stabilizer* di industri makanan, kosmetik, tekstil, industri kertas, dan juga medis (Schimpf dkk, 2007). Produksi sorbitol sebagian besar menggunakan metode hidrogenasi katalis dari larutan *D-glucose* (ca. 50 wt%) menggunakan katalis nikel atau Raney nikel. Hidrogenasi glukosa biasanya dilakukan secara batch menggunakan reaktor berpengaduk dengan *temperature* dari 60 -150 °C, tekanan 30-80

bar (Malinovsky dkk, 2017). Hidrogenasi glukosa mempunyai beberapa produk samping dari reaksinya seperti D-mannitol, furfural, dan *gluconic acid*, sehingga pemilihan katalis sangat berperan untuk memperbesar selektivitasnya.

Katalis yang sering digunakan yaitu Ni karena mempunyai selektivitas tinggi dari 96-98% (Murzin dan Simakova, 2013). Kekurangan dari katalis ini adalah sangat mudah *leaching* dan deaktivasinya cepat. Alasan utama deaktivasi katalis Ni karena kehilangan permukaan aktif Ni akibat sintering, *leaching* dari Ni dan promotor logam ke *acidic* dan *chelating reaction mixture*, serta kontaminasi dari permukaan aktif katalis akibat produk samping yang terbentuk (Hoffer dkk, 2003). Hidrogenasi menggunakan katalis *ruthenium* dengan *support* MgO, SiO₂, Al₂O₃, atau TiO₂ menjadi alternatif karena hampir tidak ada deaktivasi. Namun harga katalis ini jauh lebih mahal dibanding katalis Ni, meskipun membutuhkan *loading* metal yang lebih sedikit (Schimpf dkk, 2007). Katalis *ruthenium* juga memiliki keburukan yaitu produk samping yang terbentuk lebih banyak sehingga selektivitasnya menurun 20-80% dibanding Ni (Malinovsky dkk, 2017). Oleh karena itu perlu adanya pengembangan lebih lanjut dari katalis Ni agar lebih tahan untuk proses hidrogenasi. Penelitian ini berfokus pada investigasi performa katalis Ni/Karbon aktif yang mengandung 10 wt% Ni untuk hidrogenasi glukosa menjadi sorbitol.

I.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan katalis Ni/Karbon aktif dengan metode *wet impregnation*.
2. Bagaimana performa bambu ori sebagai penyangga katalis.
3. Bagaimana pengaruh temperatur reaksi terhadap yield sorbitol melalui proses hidrogenasi glukosa.

I.3 Tujuan Penelitian

1. Membuat katalis Ni/Karbon aktif dengan metode *wet impregnation*
2. Mengetahui performa bambu ori sebagai penyangga katalis.
3. Mengetahui pengaruh temperatur reaksi terhadap yield sorbitol melalui proses hidrogenasi glukosa.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai pembuatan sorbitol melalui hidrogenasi glukosa.
2. Mengetahui performa katalis Ni/Karbon aktif dalam reaksi hidrogenasi.

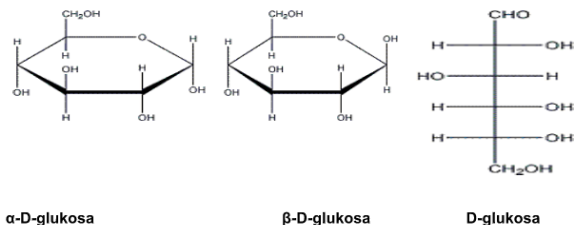
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Glukosa

Glukosa merupakan salah satu tipe monosakarida dengan rumus molekul $C_6H_{12}O_6$, berbentuk padatan kristal berwarna putih, berasa manis [75% dari kemanisan gula pasir (sukrosa) tetapi nilai kalornya sama]. Merupakan gula yang banyak ditemukan di alam terutama dalam buah anggur (karenanya disebut gula anggur). Glukosa juga disebut dekstroza karena strukturnya sebagian besar berada dalam bentuk D- yakni D-glukosa. Glukosa merupakan monomer yang ditemukan di alam sebagai dimer sampai polimer. Karbohidrat yang dikonsumsi tubuh umumnya diubah menjadi glukosa dan mengalami sirkulasi dalam tubuh (Sitompul, 2010)

Glukosa merupakan senyawa aldohexosa, yang menyatakan bahwa suatu gula dengan enam atom karbon. Glukosa dapat digambarkan dalam ikatan rantai terbuka ataupun rantai *cyclis*. Dalam bentuk *cyclis* terdapat dua macam rumus, yang dapat dibedakan dari bentuk alpha dan beta. Hal ini ditandai dengan letak gugus OH diantara kutup-kutupnya yang mungkin terletak pada sisi yang sama ataupun saling berlawanan (Roesyadi, 1988).



Gambar II.1 Bentuk-bentuk glukosa

Pada pemanasan bentuk alpha dapat berubah menjadi bentuk beta, Akan tetapi apabila pemanasan dilanjutkan, glukosa

dapat membentuk senyawa polimer yang lebih dikenal dengan peristiwa karamelisasi. Glukosa memiliki sifat aldehyd, ini berarti glukosa dapat memberikan senyawa carbonil atau dapat pula tereduksi menjadi hexa-alkohol, misalnya sorbitol (Roesyadi, 1988).

II.2 Hidrogenasi

Hidrogenasi merupakan reaksi antara hidrogen dengan senyawa organik. Reaksi ini terjadi dengan penambahan hidrogen secara langsung pada ikatan rangkap dari molekul yang tidak jenuh sehingga dihasilkan suatu produk yang jenuh. Proses hidrogenasi merupakan salah satu proses penting dan banyak digunakan dalam pembuatan bermacam-macam senyawa organik. Industri yang menggunakan proses hidrogenasi antara lain adalah industri sorbitol, methanol, margarin, amonia dan lain-lain (Tjatoer, 2003). Jenis-jenis proses hidrogenasi dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. *Fully Hydrogenation*, adalah proses hidrogenasi untuk menghilangkan ikatan rangkap secara keseluruhan.
2. *Partial Hydrogenation*, adalah proses hidrogenasi untuk menghilangkan hanya sebagian ikatan rangkap.
3. *Selective Hydrogenation*, adalah proses hidrogenasi untuk menghilangkan sebagian ikatan rangkap pada posisi yang selektif sesuai dengan *Solid Fat Content* (SFC) yang diinginkan (Tjeng, 2011).

Hidrogenasi merupakan reaksi yang melibatkan 3 fase yang berbeda, yakni cair (glukosa), gas (hidrogen), dan padat (katalis). Reaksi terjadi pada permukaan katalis dimana fase cair dan molekul hidrogen diserap kemudian kontak dengan keduanya. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses hidrogenasi antara lain:

1. Suhu

Hidrogenasi berjalan lebih cepat seiring dengan kenaikan suhu operasi. Kenaikan suhu akan menurunkan kelarutan gas hidrogen dalam fasa cair namun meningkatkan kecepatan reaksinya dimana

kenaikan suhu akan meningkatkan selektivitas. Reaksi hidrogenasi merupakan reaksi eksotermis. Kenaikan suhu akan mempercepat reaksi hingga dicapai titik optimum dimana suhu optimum beragam untuk tiap produk reaksi hidrogenasi.

2. Tekanan

Pada tekanan rendah, gas hidrogen yang terlarut dalam fase cair tidak dapat menyelimuti permukaan katalis sedangkan pada tekanan tinggi, gas hidrogen telah siap untuk menjenuhkan ikatan rangkap.

3. Pengadukan

Fungsi utama pengadukan adalah untuk menyuplai hidrogen terlarut pada permukaan katalis, dimana massa reaksi tersebut harus pula diaduk agar terjadi distribusi panas ataupun pendinginan sebagai kontrol suhu dan distribusi suspensi katalis dalam fase cair sebagai kontrol suhu dan distribusi suspensi katalis dalam fase cair sebagai penyeragaman reaksi.

4. Konsentrasi Katalis

Kecepatan reaksi hidrogenasi meningkat seiring dengan peningkatan jumlah katalis hingga suatu titik. Peningkatan jumlah katalis tersebut disebabkan oleh peningkatan permukaan aktif dari katalis. Titik maksimum tercapai karena pada kadar sangat tinggi, hidrogen tidak mampu terlarut cukup cepat untuk menyuplai jumlah katalis yang tinggi.

5. Jenis Katalis

Penggunaan katalis dapat menurunkan tingkat aktivasi energi yang dibutuhkan, sehingga mengakibatkan reaksi yang terjadi dapat berjalan lebih cepat atau terjadi pada suhu reaksi yang lebih rendah. Pemilihan katalis memiliki pengaruh yang cukup kuat terhadap kecepatan reaksi, selektivitas dan isomerisasi geometris (Tjeng, 2011).

Reaksi hidrogenasi terhadap glukosa dimaksudkan untuk memasukkan gugus atom H kedalam ikatan glukosa sehingga terbentuk gugus-gugus alkohol (OH). Dengan demikian akan diperoleh suatu senyawa hexa-alkohol, yang sebagian besar terdiri dari sorbitol sebagai bentuk yang paling stabil. Reaksi ini pada umumnya dilakukan dalam larutan air dengan pertolongan katalis. Katalis yang dimasukkan berupa katalis heterogen ataupun homogen. Namun secara industri pemakaian katalis heterogen akan sangat menguntungkan karena dapat digunakan kembali setelah proses regenerasi/ pencucian. Pada umumnya digunakan katalis dari jenis metal golongan VIII. Pada percobaan hidrogenasi glukosa untuk menghasilkan produk banyak sorbitol dan sedikit manitol, dengan katalis berdasar Nickel dapat dilakukan dengan kondisi operasi pada 22-35 atm dan suhu 90 – 142°C (Roesyadi, 1988).

II.3 Katalis dan Material Pendukung

Katalis adalah suatu zat atau senyawa yang berfungsi untuk mempercepat jalannya suatu reaksi kimia tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Penurunan energi aktivasi ini, menyebabkan energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukan berkurang sehingga terjadinya reaksi berjalan cepat (Gates, 1992). Selain itu katalis juga mempunyai fungsi untuk meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas (Nasikin dan Susianto, 2010). Katalis pada umumnya memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Aktivitas, yaitu kemampuan katalis untuk mengkonversi reaktan menjadi produk yang diinginkan.
2. Selektivitas, yaitu kemampuan katalis mempercepat suatu reaksi yang terjadi sehingga produk yang diinginkan dapat diperoleh dengan produk samping seminimal mungkin.

3. Kestabilan, yaitu ketahanan katalis terhadap kondisi reaksi katalis seperti keadaan semula. Kestabilan katalis antara lain katalis harus tahan terhadap suhu tinggi.
4. Rendemen atau yield, yaitu jumlah produk tertentu yang terbentuk setiap satuan jumlah reaktan yang dikonsumsi.
5. Dapat diregenerasi, yaitu proses mengembalikan aktivitas dan selektivitas katalis seperti semula (Ulyani, 2008).

II.3.1 Penggolongan Katalis

Penggolongan katalis secara umum dibagi menjadi dua yaitu:

1. Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang berada pada fasa yang sama dengan reaktannya. Kelemahan dari katalis ini adalah pemisahan yang sulit dari media reaksi. Pada tekanan yang tinggi katalis homogen dapat digunakan pada beberapa aplikasi, seperti propilen tetramer dengan benzen.

2. Katalis Heterogen

Katalis heterogen adalah katalis yang mempunyai fasa yang berbeda dengan reaktannya. Katalis heterogen merupakan katalis yang sering digunakan dalam proses produksi pada industri, hal ini dikarenakan pada keunggulannya yakni yang mudah dipisahkan dengan produk yang dihasilkan. Katalis heterogen mempunyai mekanisme yang lebih rumit, tahapan reaksinya meliputi:

1. Transport reaktan pada permukaan katalis.
2. Interaksi antara reaktan dengan katalis
3. Reaksi antara spesi-spesi teradsorpsi untuk menghasilkan produk.
4. Desorpsi produk dari permukaan katalis.
5. Transport produk menjauhi katalis (Ulyani, 2008).

Transport reaktan menuju katalis maupun produk menjauhi katalis hanya merupakan suatu transport fisik, sedangkan proses adsorpsi dan desorpsi telah melibatkan perubahan kimia, dimana terjadi interaksi antara reaktan dan katalis. Reaksi kimia yang spesifik dari katalis heterogen berhubungan dengan struktur dan reaktivitas permukaan suatu katalis. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat diperkirakan kemampuan katalitik suatu reaksi tertentu. Katalis heterogen dapat berupa logam, oksida logam dan katalis asam atau kombinasi antara satu dengan yang lainnya (Ulyani, 2008).

II.3.2 Struktur Katalis

Katalis dibentuk oleh berbagai komponen, yaitu:

1. Fasa Aktif

Pemilihan fasa aktif adalah tahap pertama dalam mendesain katalis. Fasa aktif merupakan bagian dari katalis yang bertanggung jawab terhadap reaksi kimia yang utama serta pengemban fungsi utama katalis yaitu mempercepat dan mengarahkan reaksi. Fasa aktif yang banyak digunakan umumnya berupa logam, oksida logam, maupun sulfure logam. Komponen fasa aktif sangat tersebar pada permukaan penyangga (*support*) dan persentasenya tidak lebih 1% dari jumlah katalis (Othemer, 1993).

2. Penyangga (*Support*)

Penyangga atau support merupakan komponen terbesar pada katalis yang mempunyai fungsi sebagai tempat untuk mendistribusikan senyawa aktif ke pori-pori bahan penyangga secara merata sehingga terjadi dispersi senyawa aktif yang merata (Nurjanah dkk, 2010). Bahan penyangga mempunyai sifat inert sehingga tidak mempengaruhi reaksi yang terjadi pada katalis dan tahan terhadap panas pada proses kimia di industri. Sifat padatan yang dipertimbangkan dalam pemilihan penyangga :

- a. Kekuatan mekanik (keras dan tahan korosi).
- b. Kestabilan pada rentang kondisi reaksi dan regenerasi.
- c. Luas permukaan yang cukup luas untuk katalis.
- d. Porositas yang cukup banyak.
- e. Harga yang tidak terlalu mahal.

Penyangga yang paling banyak digunakan adalah oksida logam, yang lainnya adalah karbon polimer organik dan zeolit. Penyangga dengan luas permukaan yang besar antara lain adalah γ - Al_2O_3 , SiO_2 , karbon aktif dan *diamaceous clay*. Besarnya konsentrasi komponen aktif atau biasa disebut loading juga mempunyai efek yang signifikan agar penyangga bisa memberikan tingkat dispersi komponen masa aktif yang besar (Othmer, 1993).

3. Pengikat (*Binder*)

Untuk mendapatkan katalis dengan kekuatan fisik yang kuat, maka perlu ditambahkan suatu bahan yang disebut sebagai pengikat. Bahan pengikat yang umum digunakan adalah suatu material tanah liat seperti kaolinit (Othmer, 1993).

II.3.3 Pembuatan Katalis

Tujuan utama dari suatu metode preparasi adalah untuk mendistribusikan fasa aktif (metal) dengan cara yang paling efisien (misalnya dalam bentuk terdispersi, yaitu untuk memperoleh luas permukaan spesifik yang besar dan juga aktivitas maksimum persatuan berat dari senyawa aktif) pada permukaan padatan penyangga (Figueras, 1988). Pembuatan katalis pada umumnya menggunakan metode impregnasi dan metode presipitasi (Moulijn, 1993).

1. Proses pembuatan katalis dengan metode impregnasi

Salah satu metode dalam preparasi katalis adalah impregnasi. Impregnasi adalah preparasi katalis dengan mengadsorpsikan garam precursor yang

mengandung aktif logam didalam larutan kepada padatan pengemban. Banyak katalis yang disintesis dengan metode ini. Metode ini merupakan teknik preparasi katalis yang paling sering digunakan daripada metode lainnya. Salah satu yang mendasari pemilihan metode impregnasi adalah bahwa didalam pengemban tidak terdapat anion atau kation yang dapat dipertukarkan. Metode tersebut bergantung pada kation logam yang ingin diembankan. Untuk ion kompleks yang sukar mengalami pertukaran kation, maka metode yang tepat adalah impregnasi. Setelah diimpregnasi, langkah selanjutnya adalah pengeringan dan pemanasan pada suhu tinggi (kalsinasi), sehingga terjadi dekomposisi precursor menjadi spesi aktif.

Menurut teknik pembuatannya, preparasi katalis dengan metode impregnasi dibagi menjadi tiga metode impregnasi, yaitu:

1. Impregnasi basah (*wet impregnation*)

Pada impregnasi basah penambahan jumlah larutan precursor fasa aktif lebih besar dari 1.5 kali volume pori penyangga. Metode ini dapat menghasilkan deposisi prekursor fasa aktif yang lebih banyak pada bagian luar penyangga setelah dilakukan proses pengeringan dan juga menghasilkan distribusi fasa aktif pada bagian luar penyangga. Distribusi ini bermanfaat untuk mengurangi penetrasi reaktan kedalam katalis, sehingga dapat meningkatkan aktifasi katalis.

2. Impregnasi kering (*dry impregnation*)

Pada impregnasi kering penambahan jumlah larutan precursor fasa aktif kurang dari 1.2 volume pori penyangga.

3. *Incipient wetness impregnation*.

Pada metode ini, jumlah larutan prekursor aktif (impregnan) yang ditambahkan sama dengan

jumlah volum penyangga. keuntungan dari metode ini adalah akurat dalam mengontrol komponen aktif yang akan digabungkan dalam katalis, kelemahannya sulit melakukan pembuatan dengan % berat komponen aktif yang besar.

2. Proses pembuatan katalis dengan metode presipitasi

Secara umum prosedur presipitasi adalah mengontakkan larutan garam logam dengan larutan alkali, ammonium hidroksida atau logam karbonat. Dasar pemilihan senyawa yang akan digunakan dalam metode presipitasi berdasarkan pada kemudahan perolehannya dan sifat kelarutannya dalam air (Moulijn, 1993).

II.4 Logam Ni

Nikel merupakan logam transisi yang berada pada golongan VIIIB dan telah banyak digunakan sebagai katalis dalam berbagai reaksi sintesis organik, yaitu sebagai katalis hidrogen. Nikel menyerap sejumlah hidrogen bilamana dipisahkan secara halus dalam bentuk khusus Ni, sebagai contoh raney nikel yang digunakan untuk reduksi katalitik. Katalis nikel dapat digunakan dalam proses reaksi hidrogenasi senyawa yang memiliki ikatan tidak jenuh, hidrogen ditambahkan ke dalam senyawa tidak jenuh dan akan memutuskan ikatan rangkap (Widiyarti dan Rahayu, 2010). Logam nikel dipergunakan secara luas sebagai katalis untuk hidrogenasi atau pematatan lemak dan minyak dalam pembuatan sabun atau produk-produk makanan, memproduksi tenaga mesin melalui hidrogenasi atau pemecahan batubara atau minyak dammar, serta pembuatan asam asetat dari asetilina dan metana dari karbon monoksida dan hidrogen (Sianturi, 2009).

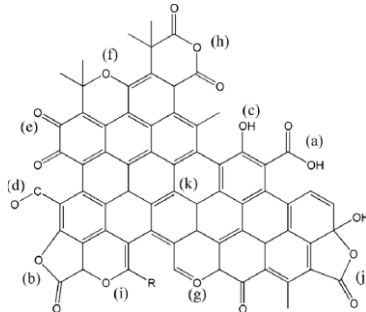
Sifat logam juga ditentukan oleh elektron-elektron yang mengisi orbital d yang kosong ini. Logam Ni dengan nomor atom 28 memiliki konfigurasi elektron $[18Ar] 3d^8 4s^2$. Konfigurasi elektronik tersebut menunjukkan bahwa Ni memiliki orbital atom 3d yang belum penuh. Adanya orbital d yang belum terisi penuh

mengakibatkan logam Ni memiliki sifat katalitik aktif serta daya adsorpsi yang kuat terhadap reaktan. Nikel merupakan logam transisi yang bersifat keras dan ulet, mudah ditempa, sedikit ferromagnetis dan memiliki jari-jari atom 135 pm, serta unit sel nikel adalah kubus berpusat muka dengan parameter kisi 0,352 nm (Rifan, 2008).

II.5 Karbon aktif

Karbon aktif adalah arang halus yang berwarna hitam, tidak berbau, tidak mempunyai rasa. Karbon aktif berbentuk *amorf*, yang terdiri dari 87-97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen serta senyawa-senyawa lainnya yang terbentuk pada saat proses pembuatan. Karbon aktif biasanya dibuat oleh dekomposisi termal dari bahan karbon diikuti dengan aktivasi menggunakan uap atau karbon dioksida pada suhu tinggi (700-1100°C). Proses aktivasi melibatkan penghilangan produk penghambat karbonisasi yang terbentuk selama pirolisis, sehingga dapat membuka pori-pori karbon (Ruthven, 1981).

Selain terdiri dari atom karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi oleh karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Gugus fungsi ini menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Murti, 2008). Struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada Gambar II.2.



Gambar II.2 Struktur kimia karbon aktif (Sumber: Austin, 1984)

Karbon aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-2500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai daya serap yang baik. Karbon aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang banyak mengandung karbon seperti coke minyak bumi, serbuk gergaji, lignit, batubara, kayu, arang, batok kelapa dan biji buah-buahan (*Austin, 1984*).

Tabel II.1 Persyaratan karbon aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) No.06-3730-1995.

No	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada Pemanasan 950°C	%	Maks.15	Maks.25
2	Air	%	Maks.4,4	Maks.15
3	Abu	%	Maks.2,5	Maks.10

4	Bagian yang tidak Terarang	-	Tidak ternyata	Tidak ternyata
5	Daya serap I ₂	mg/g	Min.750	Min.750
6	Karbon aktif murni	%	Min.80	Min.65
7	Daya serap benzena	%	Min.25	-
8	Daya serap biru metilena	ml/g	Min.60	Min.120
9	Kerapatan jenis curah	g/ml	0,45-0,55	0,30-0,35
10	Lolos ukuran mesh 325	%	-	Min.90
11	Jarak Mesh	%	9	-
12	Kekerasan	%	8	-

Secara garis besar, ada dua tahap pembuatan karbon aktif, yaitu proses karbonisasi dan aktivasi. Kedua proses ini bertujuan untuk membentuk pori-pori pada karbon agar mendapatkan luas permukaan besar untuk mengadsorp suatu zat.

1. Proses Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses dalam teknologi kimia yang disebut pirolisis yang merincikan zat kompleks menjadi lebih sederhana dengan pemanasan. Karbonisasi adalah istilah yang digunakan ketika zat karbon kompleks seperti kayu atau residu pertanian yang dipecah oleh pemanasan menjadi karbon dan senyawa kimia yang mungkin juga mengandung beberapa karbon dalam struktur kimianya. Karbonisasi dilakukan pada temperatur 400-700°C dalam suatu sistem dengan keadaan atmosfer inert seperti argon atau nitrogen (Forestry Department, 1985).

2. Proses Aktivasi

Aktivasi arang berarti penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan arang. Hidrokarbon pada permukaan arang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah (CO₂ dan uap air) agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi. Selain itu dapat juga dilakukan proses dehidrasi dengan garam-garam seperti ZnCl₂ atau CaCl₂.

Unsur mineral akan masuk di antara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup, sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar (Diao et al., 2002).

Proses aktivasi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Proses Aktivasi Fisika.

Kebanyakan arang diaktifkan dengan cara fisika. Perbedaan bahan baku akan menyebabkan variasi suhu pada metode termo. Pengarangan biasanya pada suhu 500-900°C dan sebagai bahan pengaktifan dilakukan dengan *steam* (uap) atau gas CO₂ pada suhu 800-900 °C. Dalam proses yang menggunakan steam ini aktivasi berlangsung secara berkesinambungan karena reaksi karbon menjadi CO₂ adalah eksotermis (Kirk dan Othmer, 1978).

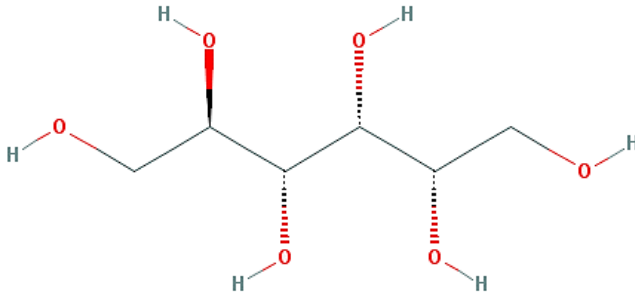
b. Proses Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau aktivator, selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan. Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Dengan demikian pada saat dilakukan pemanasan, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif diantaranya CaCl₂, Ca(OH)₂, NaCl, MgCl₂, HNO₃, H₂SO₄, HCl, Ca₃(PO₄)₂, KOH, H₃PO₄, ZnCl₂, dan sebagainya. Semua bahan

aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air (Dabrowski et al., 2005).

II.6 Sorbitol

Sorbitol merupakan senyawa monosakarida *polyhidric alcohol*. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Adapun struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa dimana yang berbeda adalah gugus aldehid pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol. Struktur kimia sorbitol disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar II.3 Struktur Kimia Sorbitol (Perry, 1999)

Sorbitol pertama kali ditemukan dari *juice ash berry* (*Sorbusauncuparia L*) pada tahun 1872. Setelah itu, sorbitol banyak ditemukan pada buah-buahan seperti apel, plums, cherry, kurma, peach, dan apricot. Zat ini berupa bubuk kristal berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis. Sorbitol larut dalam air, gliserol, propilena glikol, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, phenol, dan acetamida, namun tidak larut hampir dalam semua pelarut organik. (Nabors, 2001).

Bahan pemanis ini dikenal sebagai D-sorbitol, D-glucitol, L-gulitol, sorbit atau sorbol adalah monosakarida polioll mempunyai berat molekul 182,17. Kemanisannya hanya 0,5 kali gula tebu. Sorbitol larut dalam pelarut polar seperti air dan alkohol. Sorbitol secara komersial dibuat dari glukosa dengan hidrogenasi dalam tekanan tinggi maupun reduksi elektrolit. Sorbitol berupa

senyawa yang berbentuk granul atau kristal dan berwarna putih dengan titik leleh berkisar antara 89-101°C, higroskopis dan berasa manis. Penggunaannya pada suhu tinggi tidak ikut berperan dalam reaksi pencoklatan. Kristal sorbitol mengandung 0,5 atau 1 molekul H₂O. Kandungan kalorinya 3,994 K. Kalori setiap gram sama dengan kalori gula tebu, yaitu 3,940 K. Tujuh puluh persen dari jumlah sorbitol yang masuk kedalam tubuh akan diubah menjadi CO₂ tanpa menunjukkan adanya kenaikan glukosa dalam darah sehingga sangat baik untuk penderita diabetes (Sitompul, D.C., 2010).

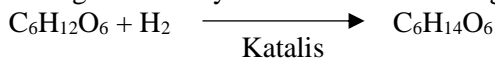
Sifat fisika sorbitol antara lain :

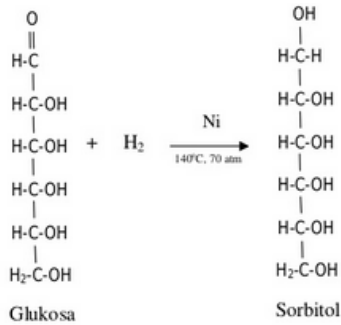
- Berbentuk kristal pada suhu kamar
- Berwarna putih, tidak berbau dan berasa manis
- Larut dalam air, *glycerol* dan *propylene glycol*
- Sedikit larut dalam *methanol*, *etanol*, asam asetat dan *phenol*
- Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik

Sifat kimia sorbitol antara lain :

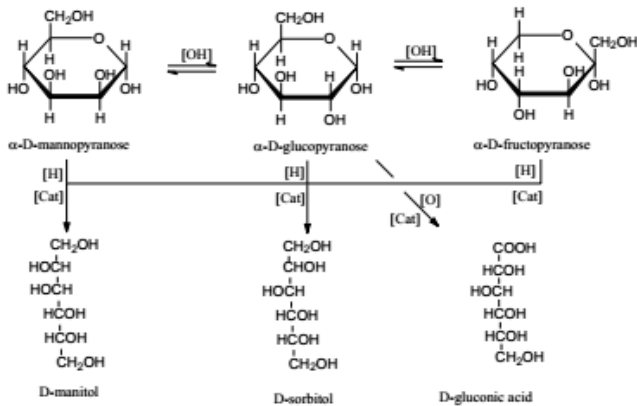
- *Specific gravity* : 1.472 (-5 °C)
- *Melting point* : 93 °C
- Kelarutan dalam air : 235 gr/100 gr H₂O
- Panas pelarutan dalam air : 20.2 kJ/mol
- Panas pembakaran : 3025.5 kJ/mol (Perry, 1999).

Reaksi yang terjadi pada proses pembuatan sorbitol adalah reaksi hidrogenasi. Reaksi hidrogenasi adalah suatu zat yang bereaksi dengan molekul molekul hydrogen menggunakan bantuan katalis. Reaksi ini biasanya bersifat eksoterm dan menghasilkan yield cukup tinggi. Reaksi hidrogenasi katalitik tidak dapat terjadi tanpa adanya kontak yang cukup antara zat yang bereaksi dengan katalisnya. Berikut reaksi hidrogenasi :





Gambar II.4 Hidrogenasi Glukosa (Sumber : Faith, 1975)
 Hidrogenasi glukosa sendiri mempunyai beberapa produk samping seperti gambar dibawah :



Gambar II.5 Kemungkinan dari Hidrogenasi Glukosa (Sumber : Malinovsky, 2017)

II.7 Bambu Ori

Bambu merupakan material alami yang secara terus-menerus digunakan untuk berbagai keperluan. Bambu digunakan sebagai material bangunan, dan material furnitur. Bambu memiliki keunggulan dibandingkan material alami lainnya seperti kekuatan

yang tinggi, ringan, mudah tumbuh dan cepat tumbuh. Bambu dapat memiliki diameter kulm yang besar. Kelemahan bambu sebagai tumbuhan berkayu adalah mengalami proses degradasi-bio dan sifatnya berubah tergantung kondisi lingkungan.

Bambu ori mampu tumbuh tinggi dengan kerapatan yang tinggi. Hal ini didukung oleh akar yang besar dan densitas serat yang tinggi. Secara umum, bambu dengan diameter kulm yang besar memiliki tinggi pohon yang rendah dan serat yang sedikit

Tabel II.2 Sifat Fisik Bambu

	Bambu Ori	Bambu Petung
Tinggi pohon (m)	13	10
Densitas pohon (pohon/m ²)	13	10
Densitas (gr/cm ³)	0.78	0.69
Kadar air (%)	5.31	5.98
Lanjutan	Bambu Ori	Bambu Petung
Panjang kulm (mm)	231	248
Diameter luar kulm (mm)	112	174
Tebal kulm (mm)	11	35
Diameter cabang (mm)	31	16
Densitas serat (%)	48	41

Bambu petung menunjukkan nilai kalori yang lebih tinggi daripada bambu ori. Bambu ori memiliki ketahanan termal yang rendah sehingga mengalami degradasi termal lebih cepat daripada bambu petung. Hal ini berkaitan dengan sifat fisik bambu. Bambu dengan serat yang lebih banyak menunjukkan ketahanan termal yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan termal matriks bambu lebih tinggi daripada serat bambu.

Tabel II.3 Sifat Termal Bambu

	Bambu Ori	Bambu Petung
Kalori (cal/g)	2146	2763
T 5% Kehilangan berat (°C)	238	248
T 10% Kehilangan berat (°C)	259	264
Sisa berat pada 850 °C (%w)	17	24

II.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa katalis telah digunakan dalam proses hidrogenasi glukosa menjadi sorbitol salah satunya adalah katalis dengan menggunakan Ruthenium, Rodium dan Palladium. Untuk reaksi hidrogenasi glukosa ternyata metal Ruthenium mempunyai aktivitas paling tinggi apabila ditinjau jadi waktu penguraian glukosa maupun hasil akhir yang diperoleh. Secara umum dapat dikatakan bahwa pada reaksi ini terjadi beberapa tingkat reaksi dimana tahap pertama substitusi atom H kedalam gugus aldehyd glukosa sehingga terbentuk sorbitol (Roesyadi, 1988).

Selain itu katalis berbasis Nickel juga telah digunakan dalam proses hidrogenasi D-glukosa. Pada umumnya katalis berbasis nickel mempunyai selectivitas yang tinggi dengan range 96-98%. Namun permasalahan yang ditimbulkan oleh katalis ini adalah mudah terjadi *leaching*. Proses hidrogenasi menggunakan katalis Ruthenium dengan penyangga MgO, SiO₂, Al₂O₃ dan TiO₂ dapat mempercepat pembentukan produk, walaupun selektivitas yang didapatkan hanya 20-80% (Malinovsky, 2017).

Katalis Ni/Karbon pernah digunakan untuk proses hidrogenasi nitrobenzene menjadi *cyclohexylamine*. Katalis Ni dengan support berupa bio-karbon dapat dibuat dengan mengimpregnasikan unsur Ni dengan cara pemanasam *microwave*. Proses hidrogenasi memperoleh yield dan selektivitas yang tinggi dengan menggunakan 10% Ni/Karbon dengan kondisi reaksi 2 MPa H₂ dan 200 °C (Lu, 2017).

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mempelajari hidrogenasi glukosa menjadi sorbitol dengan menggunakan katalis Ni/Karbon aktif. Penelitian diawali dengan pembuatan karbon aktif dari bambu ori, impregnasi logam Ni dan proses hidrogenasi sorbitol.

III.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada bulan Februari sampai bulan Juni 2018.

III.2 Variabel Percobaan

III.2.1 Variabel Tetap

Variabel tetap meliputi:

1. Bahan baku : D-glukosa anhidrat
2. Jenis katalis : Ni/Karbon aktif
3. Massa katalis total : 10% dari volume glukosa
4. Volume glukosa : 200 mL yang mengandung 20% volume d-glukosa
5. Tekanan : 5 bar
6. Loading Ni : 10% terhadap katalis total

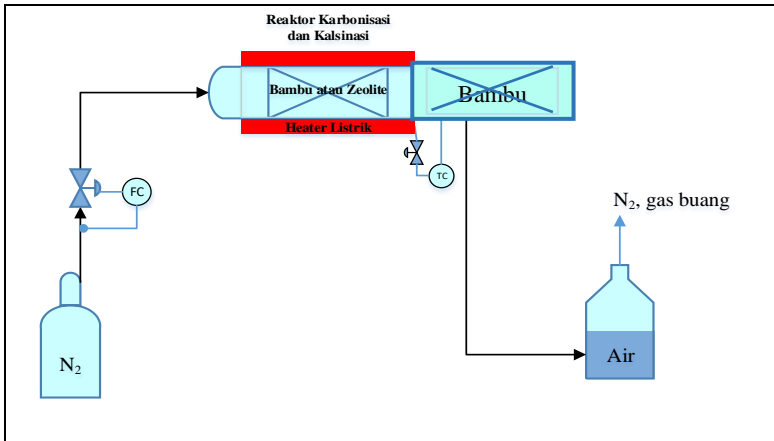
III.2.2 Variabel Berubah

Variabel berubah meliputi:

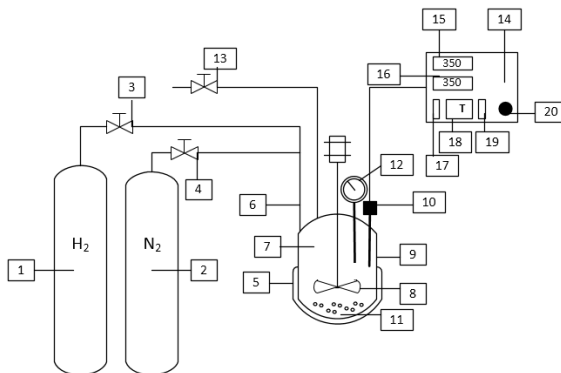
1. Suhu reaksi : 90°C, 110 °C, dan 130 °C
2. Waktu reaksi : 0 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit

III.3 Peralatan dan Bahan

III.3.1 Peralatan



Gambar III.1 Skema peralatan eaktor karbonisasi dan kalsinasi



Gambar III.2 Skema peralatan reaktor untuk hidrogenasi glukosa

Keterangan gambar:

1. Tabung gas N₂
2. Tabung gas H₂
3. *Valve tube* gas N₂
4. *Valve tube* gas H₂
5. *Heater*
6. *Tube* reaktor gas N₂/H₂
7. Larutan glukosa
8. Pengaduk
9. Reaktor
10. *Thermocouple*
11. Katalis
12. Indikator tekanan reaktor
13. *Valve sample*
14. Panel kontrol *heater*-reaktor
15. Display suhu reaktor
16. Display suhu setpoint
17. Tombol ON panel kontrol *heater*-reaktor
18. Tombol ON *heater*
19. Tombol ON pengaduk
20. Tombol pengaturan kecepatan pengaduk

III.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah

1. D-glukosa anhidrat (Merck)
2. H₃PO₄ 85% (Merck)
3. HNO₃ 65% (Merck)
4. Ni(NO₃)₃·6H₂O (Merck)
5. Aquades
6. Gas N₂ (Samator gas)
7. Gas H₂ (Samator gas)
8. Bambu ori

III.4 Prosedur Penelitian

III.4.1 Pembuatan katalis Ni/karbon aktif

Langkah pertama pengecilan ukuran bambu dalam bentuk cincin (*raschig ring*), selanjutnya dikeringkan hingga kadar airnya dan diarangkan pada 500°C dengan aliran gas nitrogen dalam reaktor karbonisasi. Karbonisasi dilakukan selama 2 jam. Bambu yang telah dikarbonisasi didinginkan hingga *temperature* ruang kemudian ditambahkan *activating agent* (H₃PO₄) 85% dengan perbandingan bambu: H₃PO₄ 85% sebesar 1:5 dilakukan pengadukan selama 1 jam pada suhu 85°C menggunakan *magnetic stirrer*, selanjutnya pencucian sampai pH netral menggunakan aquades dan pengeringan di dalam oven pada suhu ± 110°C selama ± 24 jam. Setelah pengeringan, sampel difungsionalisasi dengan HNO₃ 65%.

Fungsionalisasi dilakukan dengan membuat larutan HNO_3 dan memasukkannya kedalam labu leher tiga bersama dengan arang aktif. Pembuatan larutan HNO_3 dengan cara mengambil 3 mL larutan HNO_3 65% kemudian menambahkannya dengan aquades hingga 150 mL. Fungsionalisasi pada temperatur 80°C selama 4 jam dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer. Tujuan utama fungsionalisasi adalah membentuk gugus fungsi oksigen yang akan memperkuat penambatan unsur logam Ni pada penyangga karbon pada impregnasi katalis. Setelah difungsionalisasi, dilakukan pencucian sampai pH netral untuk menghilangkan sisa-sisa activating agent. Setelah dicuci, sampel dikeringkan pada oven suhu $\pm 110^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Sampel yang didapatkan kemudian disimpan di dalam desikator untuk menjaga agar tetap kering. Karakterisasi karbon aktif dengan analisa BET, XRD dan SEM-EDX.

Katalis Ni diimpregnasi menggunakan metode *wet impregnation* pada karbon aktif dengan larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Menambahkan larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kedalam karbon aktif. Sampel terimpregnasi dikeringkan di dalam oven selama 12 jam, didiamkan dalam desikator, kemudian dikalsinasi dengan gas N_2 pada 500°C selama 2 jam. Katalis logam yang masih berupa oksida direduksi dengan gas H_2 pada 400°C selama 5 jam. Selanjutnya katalis yang dihasilkan dikarakterisasi dengan analisa BET, XRD dan SEM-EDX untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan logam dalam katalis.

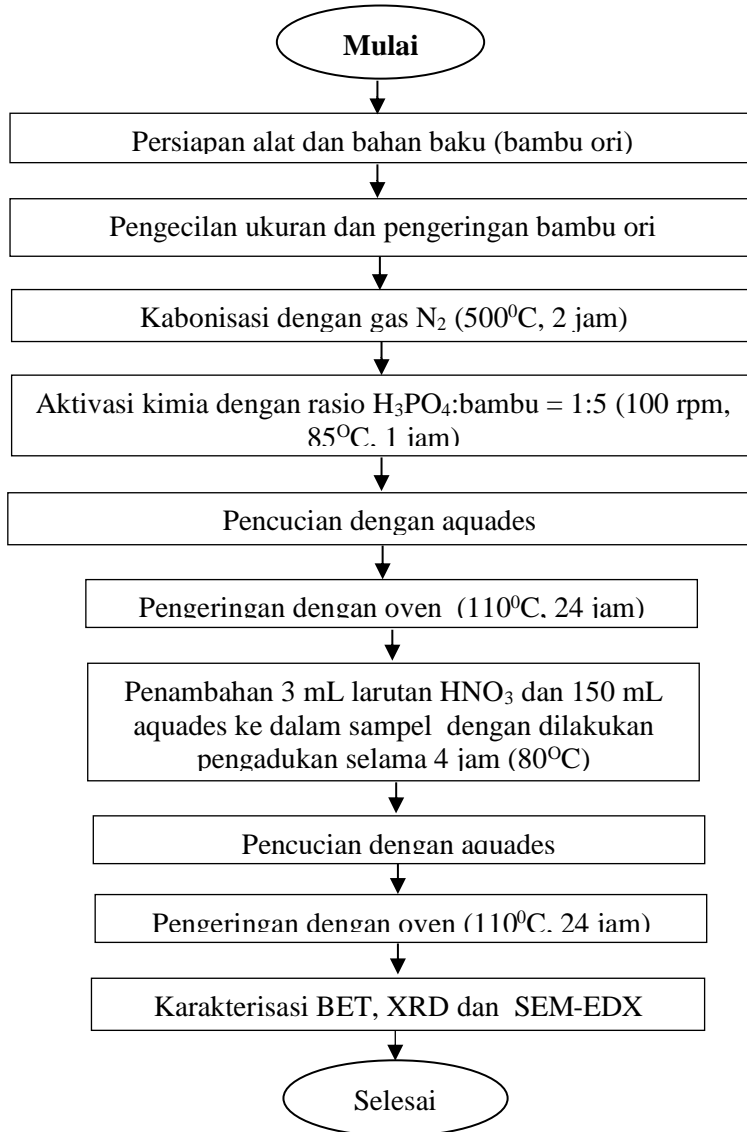
III.4.2 Proses Hidrogenasi

Hidrogenasi dilakukan dengan menggunakan rangkaian reaktor pada gambar III.2. Langkah pertama yaitu menyiapkan larutan glukosa sebanyak 200 mL yang mengandung 20% volume larutan d-glukosa. Selanjutnya menyiapkan katalis Ni/Karbon aktif sebanyak 10 % dari volume larutan. Larutan glukosa dan katalis Ni/Karbon aktif dimasukkan ke dalam reaktor dan ditutup rapat. Reaktor dialiri gas nitrogen selama 15 menit. Setelah itu, reaktor dialiri dengan gas hidrogen hingga tekanan mencapai 5

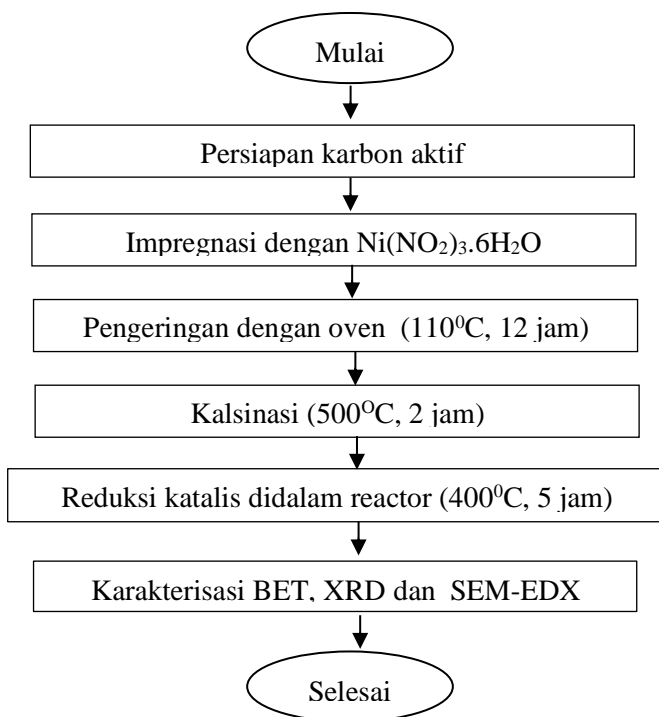
bar. Selanjutnya dilakukan pemanasan dengan *heater* sesuai dengan suhu yang diinginkan. Ketika suhu tersebut tercapai, reaktor dialiri gas hidrogen hingga tekanan mencapai 30 bar. Kemudian dilakukan pengambilan sampel pada menit 0, 60, 90 dan 120. Sampel-sampel ini kemudian dianalisa dengan HPLC glukosa dan sorbitol.

III.5 Diagram Alir Proses

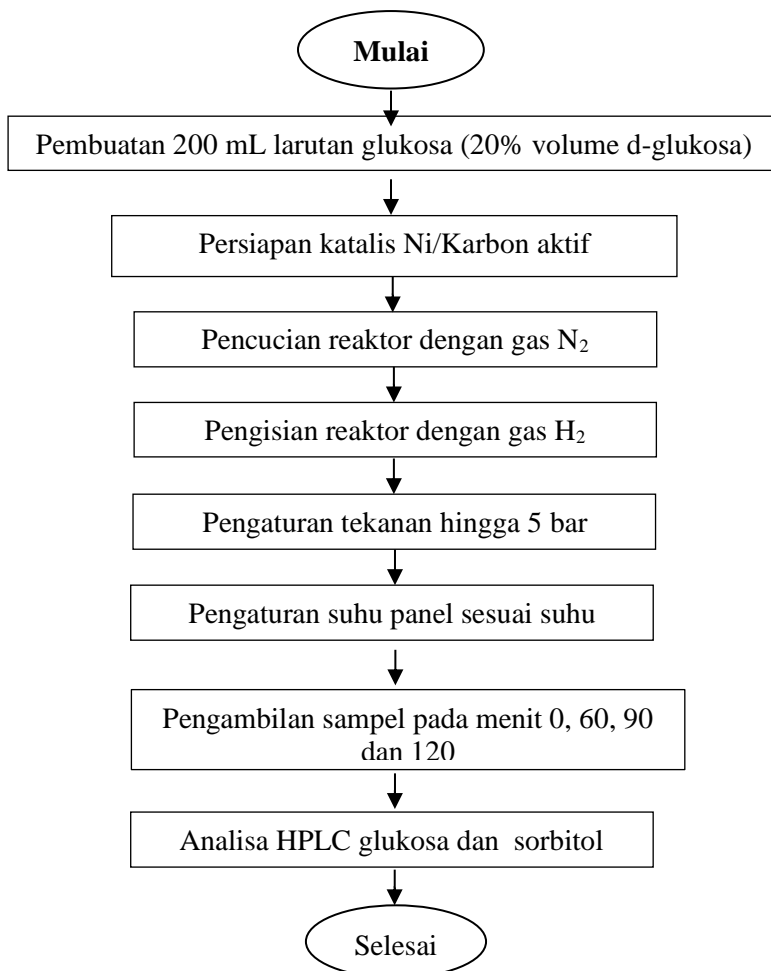
III.5.1 Pembuatan Katalis Ni/Karbon aktif



III.5.2 Proses Impregnasi



III.5.3 Proses Hidrogenasi



III.6 Gambar Proses Penelitian

III.6.1 Pembuatan Penyangga Katalis



A



Aktivasi kimia dengan rasio H_3PO_4 :bambu = 1:5 (100 rpm, $85^{\circ}C$, 2



Pencucian dengan aquades dengan dilakukan pengadukan



Pengeringan dengan oven ($110^{\circ}C$, 24 jam)



Fungsionalisasi HNO_3

R



Pencucian dengan aquades dengan dilakukan pengadukan



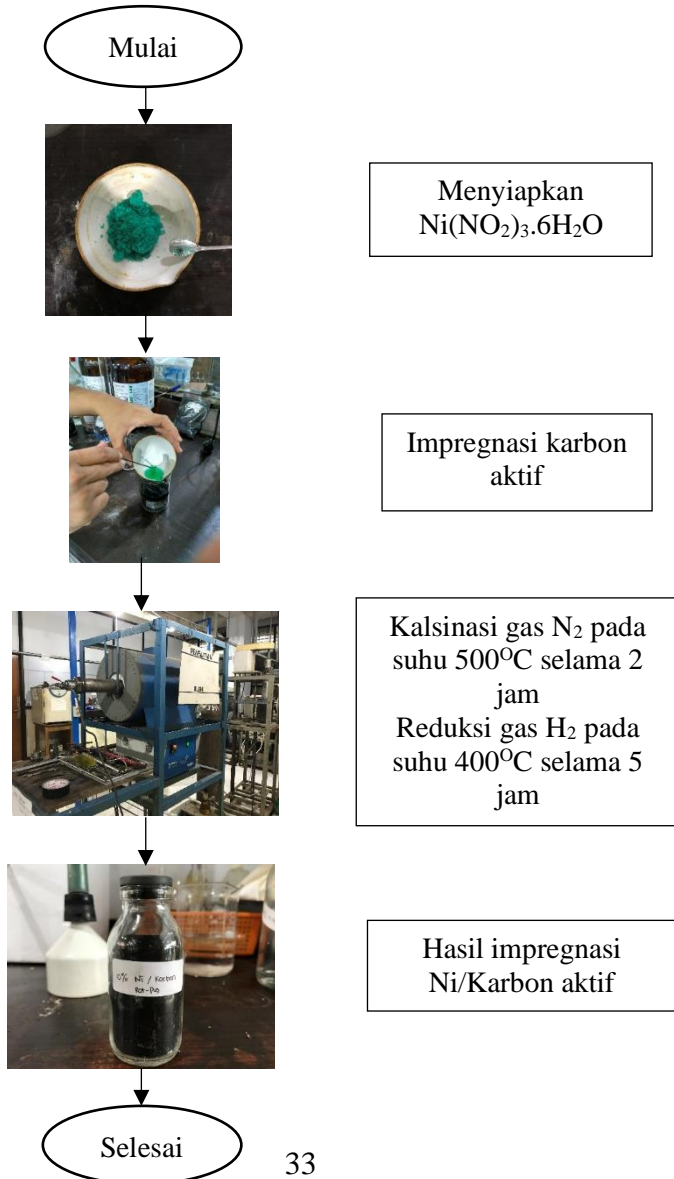
Pengeringan dengan oven (110⁰C, 24 jam)



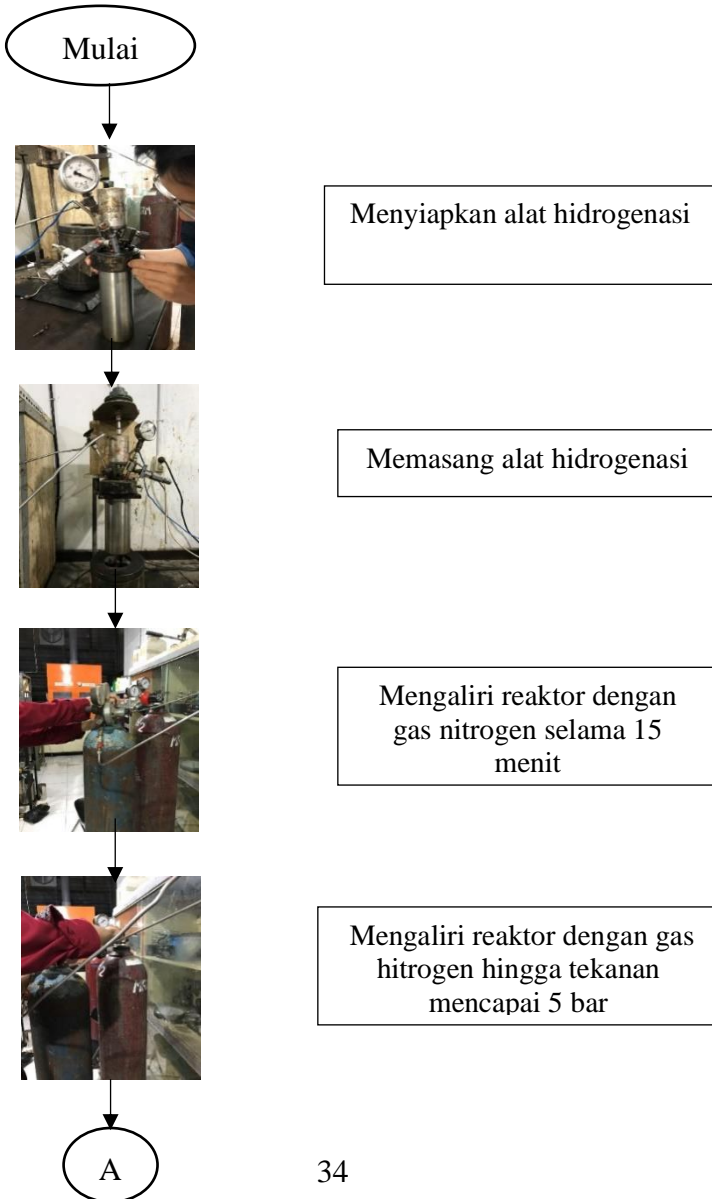
Hasil karbon aktif setelah ditumbuk

Selesai

III.6.2 Proses Impregnasi



III.6.2 Proses Hidrogenasi



A



Mengatur panel suhu
sesuai dengan suhu
variabel.



Saat suhu tercapai,
dilakukam pengambilan
sampel pada waktu 0
menit dan dilanjutkan
untuk variabel waktu
yang lain.



Sampel reaksi

Selesai

III.7 Teknik Analisis

III.7.1 Analisa Karakterisasi Katalis

Untuk mengetahui hasil preparasi yang baik, maka perlu dilakukan karakterisasi katalis, yaitu:

1. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang bertujuan untuk mengetahui morfologi katalis Ni/Karbon aktif
2. Analisa EDX (*Energy Dispersion X-Ray*) yang bertujuan untuk mengetahui komposisi logam-logam
3. Analisa BET (*Bruneur-Emmet-Teller*) yang bertujuan untuk mengetahui luas permukaan katalis Ni/Karbon aktif
4. Analisa XRD (*X-Ray Diffraction*) yang bertujuan untuk mengetahui kristalinitas katalis Ni/Karbon aktif

III.7.2 Analisa Produk

Untuk mengetahui hasil sampel maka perlu dilakukan analisa dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) untuk mengetahui komponen glukosa dan sorbitol yang terdapat pada sampel.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari data penelitian sehingga didapatkan suatu kesimpulan dari percobaan yang dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk memproduksi sorbitol dengan menggunakan proses hidrogenasi dan katalis Ni/Karbon aktif sebagai katalis. Pada penelitian ini menggunakan analisa BET, SEM-EDX, XRD untuk karakterisasi katalis dan analisis HPLC untuk karakterisasi produk.

IV.1 Karakterisasi Katalis

Langkah pertama dalam pembuatan katalis Ni/Karbon aktif adalah memproses bahan baku dengan karbonisasi. Proses ini bertujuan untuk menjadikan *raw material* yang berupa biomassa limbah bambu menjadi arang. Untuk menghindari terbentuknya abu karena proses menggunakan suhu tinggi, maka saat proses berlangsung dialiri gas nitrogen. Kemudian arang bambu diaktivasi secara kimia. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang masih terdapat pada pori bambu dari proses karbonisasi. Proses aktivasi kimia untuk pembuatan karbon aktif memiliki beberapa keunggulan dibandingkan aktivasi fisika, seperti suhu yang digunakan saat proses aktivasi lebih rendah dan pori yang terbentuk lebih banyak. Bahan kimia yang digunakan adalah HNO_3 dan H_3PO_4 (Kirk dan Othmer, 1978). Proses aktivasi kimia dalam penelitian ini menggunakan larutan H_3PO_4 pada temperatur 85°C , selama 2 jam dan dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Setelah proses aktivasi dilanjutkan dengan proses fungsionalisasi. Proses fungsionalisasi dilakukan dengan penambahan larutan HNO_3 pada karbon aktif. Hal ini bertujuan untuk membuat/ memperkuat *active site* pada permukaan karbon aktif sehingga penambahan logam pada proses impregnasi lebih maksimal.

Setelah proses fungsionalisasi dilakukan analisa *Brunauer-Emmet-Teller* (BET). Analisa ini bertujuan untuk mengetahui luas

area permukaan karbon aktif. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilakukan impregnasi karbon aktif dengan logam berbasis nikel. Selain itu dilakukan analisa *Energy Dispersion X-Ray* (EDX) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Adapun tujuan analisa EDX untuk mengetahui komposisi logam di dalam katalis, sedangkan analisa SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi katalis Ni/Karbon aktif. Hasil karakterisasi sifat katalis Ni/Karbon aktif ditunjukkan pada Tabel IV.1.

Tabel IV. 1. Sifat-sifat katalis Ni/Karbon aktif

Sampel Katalis	Kadar logam ^a , (% wt)	Surface area ^b (m ² /gr)
Karbon aktif	-	234
Ni/Karbon aktif	10,03	125

Keterangan:

- a. Analisa EDX
- b. Analisa BET

Berdasarkan Tabel IV.1 menunjukkan luas permukaan dari karbon aktif sebesar 234 m²/gr, sedangkan penambahan logam Ni pada support karbon aktif menyebabkan penurunan luas permukaan karena tertutup oleh logam Ni.

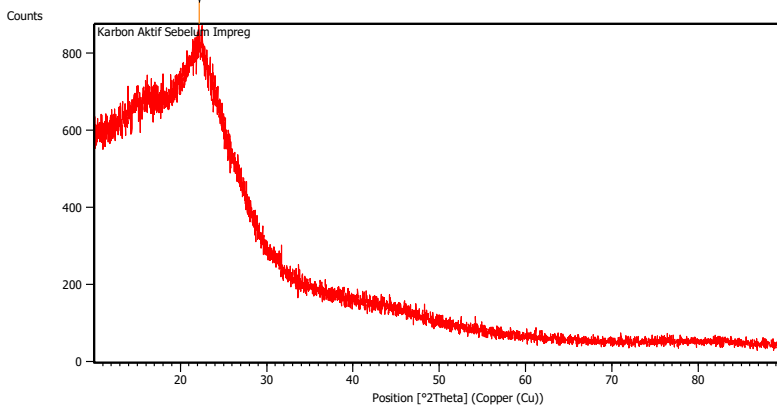
Pada Tabel IV.1 juga menunjukkan bahwa logam nikel telah masuk dan tersebar pada pori *support* karbon aktif. Berdasarkan hasil analisa EDX logam yang berhasil masuk ke dalam pori hanya 10,03% wt. Hal ini menunjukkan kadar logam terdistribusi kedalam katalis sama dengan hasil teoritis, yaitu sebesar 10%.

Katalis juga dikarakterisasi dengan analisa *X-Ray Diffraction* (XRD). Analisa ini bertujuan untuk mengetahui kristalinitas katalis Ni/Karbon aktif. Difraktometer sinar X merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi sampel berupa kristal dengan menggunakan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Hasil yang diperoleh dari analisa ini adalah intensitas relatif (I/II) dan sudut hamburan (2θ). Hamburan sinar X berasal dari atom-atom yang membentuk sampel yang

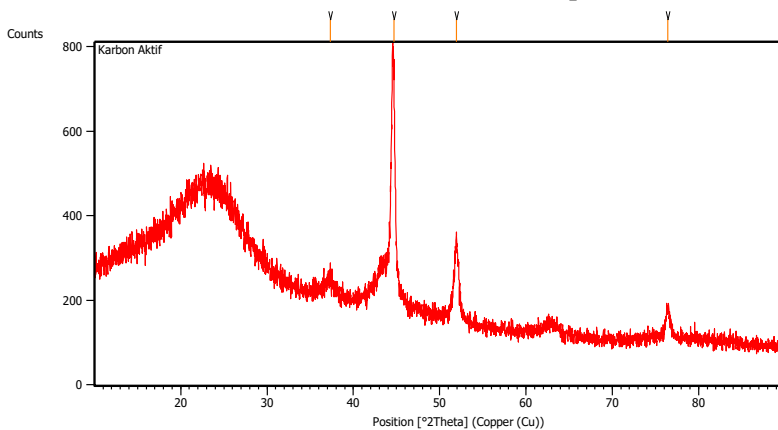
diamati. Database XRD untuk logam dari nikel dapat dilihat di Tabel IV.2.

Tabel IV.2 Database XRD untuk Katalis Logam.

	2θ	Sumber
Ni	44,45; 51,71; 76,41; 92,96; 98,46	Tientong, dkk, 2013
NiO	37,2102; 43,2004; 62,8102	Gunardi, dkk, 2014



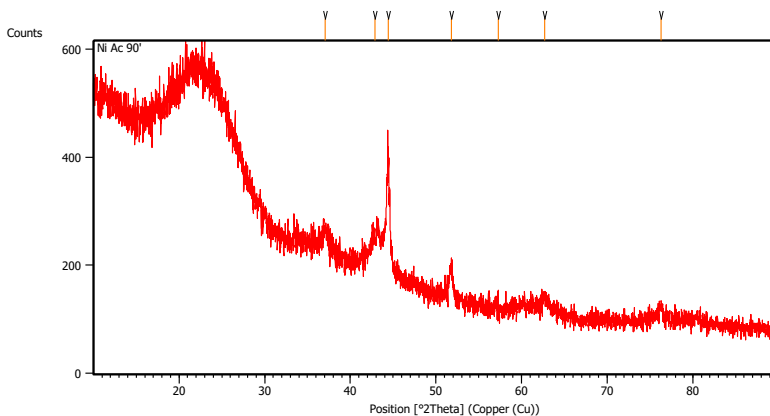
Gambar IV.1. Grafik Hasil Analisa XRD pada Karbon Aktif



Gambar IV.2. Grafik Hasil Analisa XRD pada Ni/Karbon aktif

Pada gambar IV.2 dapat diketahui bahwa pola difraksi untuk Ni ditunjukkan peak pada sudut $44,67^\circ$; $51,92^\circ$ dan $76,43^\circ$. Nilai peak tersebut telah sesuai dengan literatur untuk katalis logam Ni diperkuat dengan adanya peak pada sudut $37,34^\circ$ yang kemungkinan adalah NiO karena bereaksi dengan oksidanya. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa katalis Ni/Karbon aktif telah terimpregnasi ke permukaan *support*.

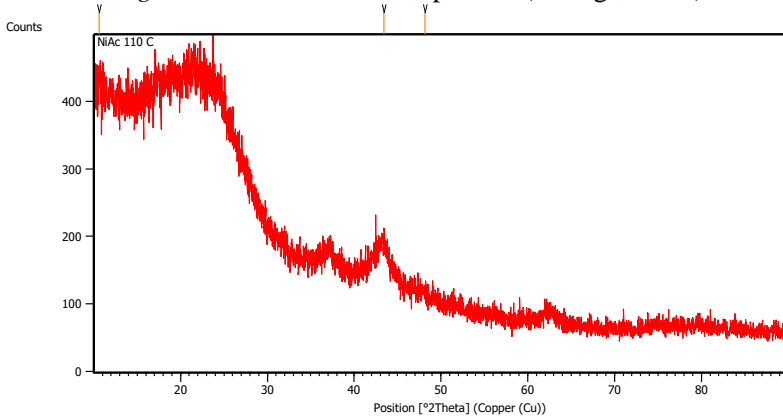
Uji XRD juga dilakukan setelah katalis mengalami reaksi yakni pada suhu 90°C , 110°C , dan 130°C . Hasil analisa XRD dapat dilihat di gambar di bawah



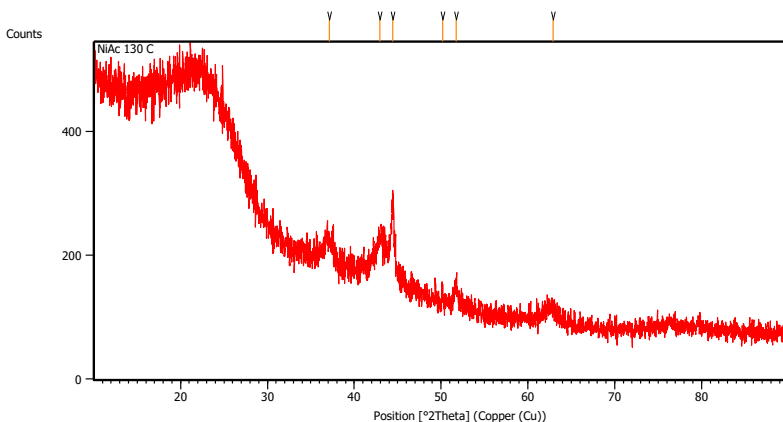
Gambar IV.3 Grafik Uji XRD Ni/Karbon Aktif pada Suhu 90°C

Gambar di atas menunjukkan peak-peak yang muncul yaitu pada 42.88 , 44.43 , 51.79 , 57.27 , 62.73 , 76.32 sedangkan menurut Tientong, dkk (2013), peak Ni seharusnya muncul pada $44,45$; $51,71$; $76,41$; $92,96$; $98,46$. Terlihat bahwa kristalinitas logam Ni sudah mulai berkurang karena reaksi hidrogenasi sehingga peak nya tidak terlalu tinggi dibanding dengan hasil uji XRD pada gambar IV.2 kemungkinan karena *leaching*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Malinovsky, dkk (2017) yang mengatakan katalis Ni mudah mengalami deaktivasi dan *leaching*.

Peak yang muncul pada gambar IV.4 adalah 10.60, 43.45 dan, 48.15, sedangkan pada gambar IV.5 adalah 42.97, 44.41, 50.17, 51.73, dan 62.88. Dari kedua gambar tersebut logam Ni sudah berkurang kristalinitasnya dan hanya sedikit yang tertinggal di karbon aktif. kristalinitas berkurang bisa disebabkan oleh *leaching* Ni akibat kenaikan temperatur (Miazga, 2008).

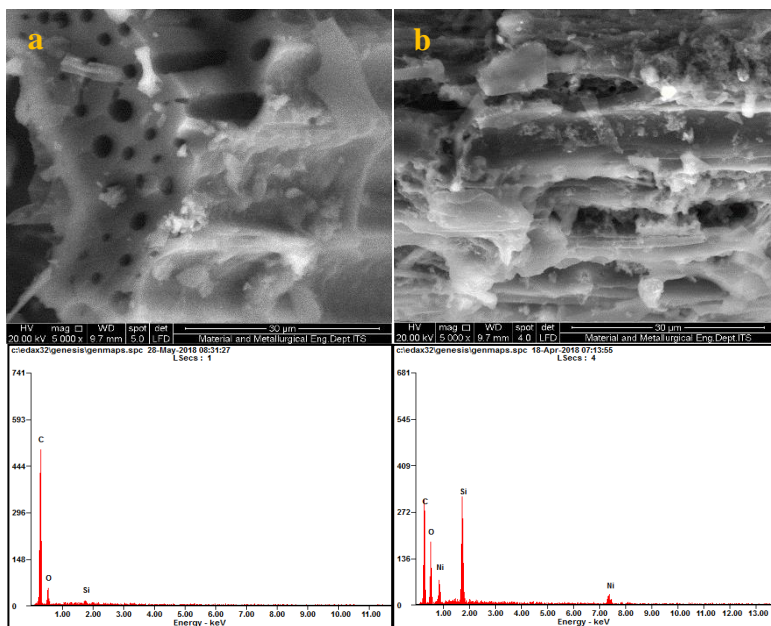


Gambar IV.4 Grafik Uji XRD Ni/Karbon Aktif pada Suhu 110 °C



Gambar IV.5 Grafik Uji XRD Ni/Karbon Aktif pada Suhu 130 °C

Selain uji XRD, dilakukan juga uji SEM/EDX untuk karakterisasi katalis. Uji SEM/EDX ini dilakukan di laboratorium Teknik Material dan Metalurgi. Pengujian sampel dilakukan sebanyak dua kali yaitu untuk karbon aktif sebelum impregnasi dan sesudah. Hasilnya seperti gambar di bawah



Gambar IV.6 SEM/EDX Karbon Aktif a.) Sebelum Impregnasi
b.) Setelah Impregnasi

Pada gambar diatas terlihat morfologi karbon aktif sebelum dan sesudah diimpreg dengan logam nikel. Morfologi pada uji SEM belum bisa menunjukkan keberadaan logam Ni pada karbon aktif kemungkinan logam Ni tertanam di matriks karbon aktif. Hal ini bisa dibuktikan dengan uji EDX terkait kandungan logam Ni tersebut. Sebelum diimpreg belum ada kandungan logam nikel di karbon aktif namun ada kandungan silica dan oksida, gugus O disini akibat fungsionalisasi HNO_3 yang bertujuan untuk memperkuat penambatan logam nikel di

karbon aktif. Kandungan *silica* disini bisa berasal dari komposisi bambu ori yang merupakan bahan mentah karbon aktif. Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan, bambu memiliki kadar selulosa berkisar antara 42,4% - 53,6%, kadar lignin berkisar antara 19,8% - 26,6%, kadar pentosane 1,24% - 3,77%, kadar abu 1,24% - 3,77%, kadar silika 0,10% - 1,28%, kadar ekstraktif 0,9% - 6,9% dan bambu mengandung holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) berkisar antara 73,32% - 83,80% (Krisdianto dkk, 2000). Setelah proses impregnasi logam nikel, diperoleh kandungan logam nikel sebesar 10.03% di dalam karbon aktif.

IV.2 Analisa Produk Hidrogenasi

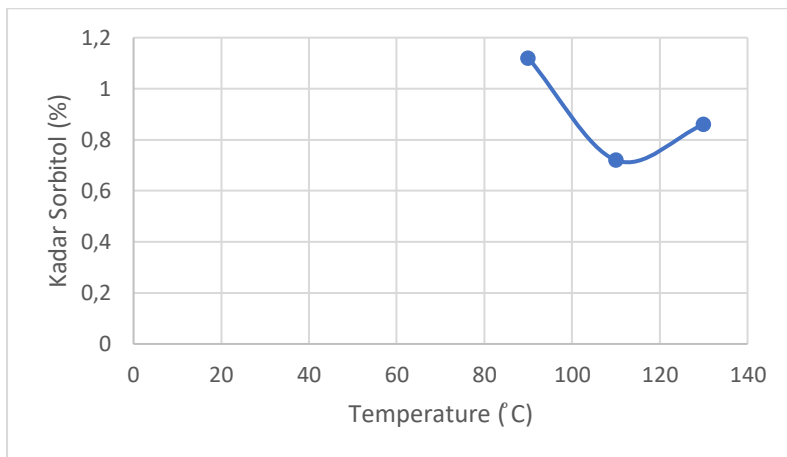
Reaksi hidrogenasi merupakan reaksi kimia dari suatu substansi dengan menggunakan molekul hidrogen disertai dengan keberadaan katalis (Groggins, 1958). Reaksi hidrogenasi glukosa dalam penelitian ini menggunakan reaktor *batch* pada kondisi operasi tekanan 5 bar dan menggunakan bantuan katalis Ni/Karbon aktif dengan loading nikel sebesar 10%. Temperature kondisi operasi dan waktu operasi menjadi variabel berubah. Berdasarkan proses hidrogenasi yang dilakukan, diharapkan mendapatkan produk berupa sorbitol dalam bentuk liquid.



Gambar IV.7 Produk Hidrogenasi

Analisa produk sorbitol yang diperoleh dari proses hidrogenasi dilakukan dengan metode *High Performance Liquid*

Chromatography (HPLC). Analisa HPLC ini didapatkan dari Bio Chemical Surabaya.



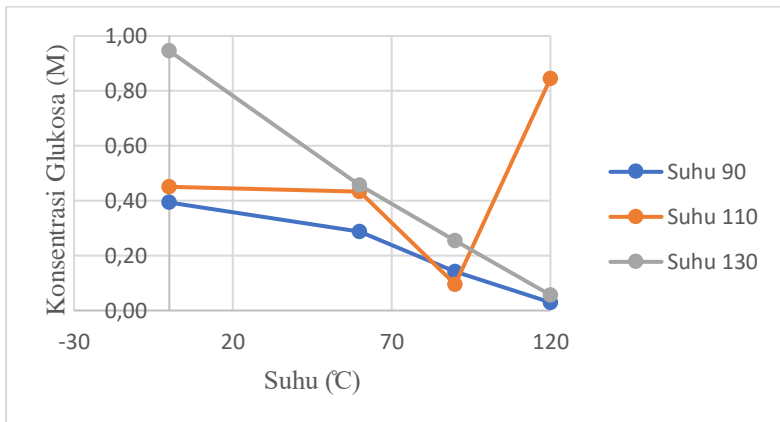
Gambar IV.8 Kandungan Sorbitol dalam Sampel

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat diketahui bahwa kandungan sorbitol tertinggi terdapat pada sampel dengan suhu 90°C dengan kadar sebesar 1,12%. Kadar sorbitol terendah terdapat pada sampel suhu 110°C dengan kadar sorbitol sebesar 0,72%. Rendahnya kadar sorbitol yang terbentuk disebabkan karena tekanan operasi yang tidak terlalu tinggi yaitu hanya 5 bar. Tekanan hydrogen sangat berpengaruh dalam reaksi hidrogenasi glukosa menjadi sorbitol. Semakin tinggi tekanan maka laju perubahan glukosa menjadi sorbitol akan semakin tinggi (Malinovsky dkk, 2017).

Selain itu juga dilakukan analisis kandungan glukosa dengan menggunakan metode HPLC. Analisa HPLC glukosa didapatkan dari Unit Layanan Penelitian, Universitas Airlangga Surabaya.

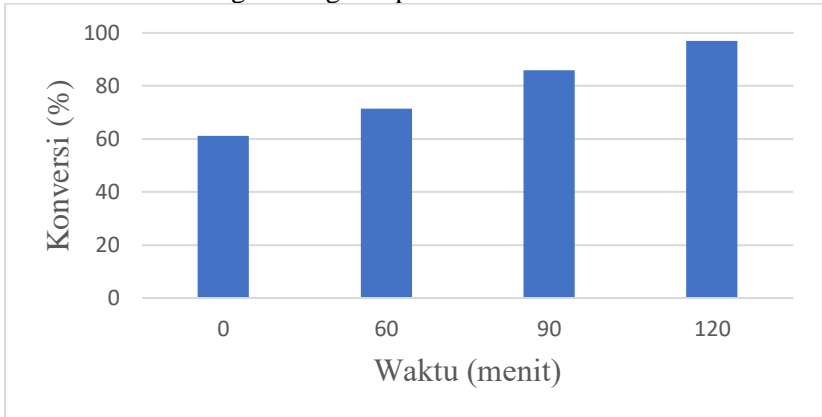
Tabel IV.3 Kandungan Glukosa dalam Sampel

Temperature (C)	Waktu (menit)	Kadar Glukosa (%)
90	0	7,08
	60	5,187
	90	2,561
	120	0,534
110	0	8,109
	60	7,787
	90	1,719
	120	15,206
130	0	17,014
	60	8,224
	90	4,583
	120	1,016

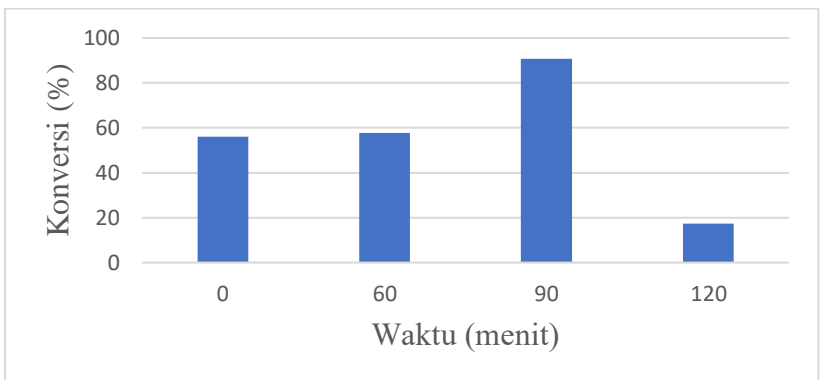


Gambar IV.9 Grafik antara Suhu dan Kosentrasi Glukosa pada Tekanan 5 Bar

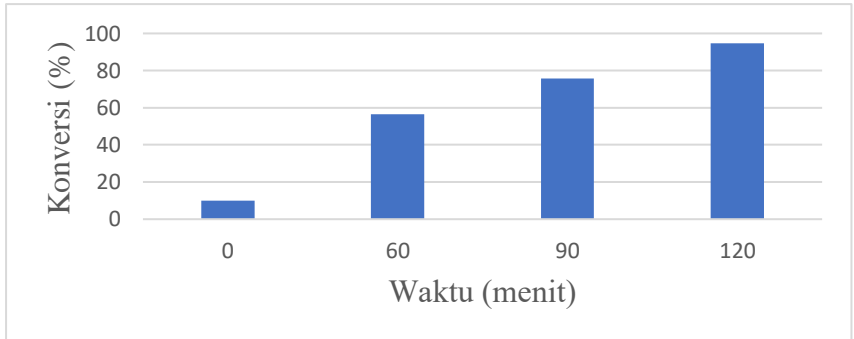
Berdasarkan kadar glukosa pada akhir reaksi dapat diketahui konversi dari masing-masing sampel.



Gambar IV.10 Grafik Konversi Glukosa pada Tekanan 5 bar dan Suhu 90°C



Gambar IV.11 Grafik Konversi Glukosa pada Tekanan 5 Bar dan Suhu 110°Celsius



Gambar IV.12 Grafik Konversi Glukosa pada Tekanan 5 Bar dan Suhu 130°Celsius

Dari tiga grafik konversi diatas, grafik konversi pada suhu 90°C memiliki pola yang sama dengan grafik konversi pada suhu 130°C. Grafik tersebut menunjukkan hasil kenaikan konversi tiap menitnya. Hal ini berbeda dengan grafik konversi pada suhu 110°C. Grafik tersebut menunjukkan kenaikan konversi pada waktu 0 menit hingga 90 menit, namun terjadi penurunan konversi dari 90,66% ke 17,36% pada waktu 120 menit. Perbedaan ini dapat terjadi karena pada waktu 120 menit kadar glukosa dalam sampel meningkat hingga 15,206 %. Peningkatan kadar glukosa pada sampel kemungkinan disebabkan oleh kesalahan saat pengambilan sampel.

Tabel IV.4 Hasil Selektivitas dan Yield

Suhu (Celcius)	Selektivitas (%)	Yield (%)
90	3,13	3,04
110	17,34	3,01
130	3,09	2,93

Selektivitas merupakan besarnya nilai produk yang terbentuk tiap reaktan yang dikonsumsi, sedangkan yield merupakan besarnya produk yang terbentuk tiap reaktan mula-mula (Smith dkk, 2005). Pada Tabel IV.5 menunjukkan nilai selektivitas dan yield masing-masing suhu. Nilai selektivitas

tertinggi terdapat pada suhu 110°C yang mencapai 17,34%. Namun, pada suhu 90°C dan 130°C nilai selektivitas hanya mencapai 3,13% dan 3,09%. Tingginya nilai selektivitas pada suhu 110C disebabkan karena tingginya kadar glukosa pada suhu tersebut. Namun, dari ketiga hasil selektivitas yang diperoleh termasuk kecil kurang sesuai dengan teori. Berdasarkan Murzin dan Simakova, menyatakan bahwa penggunaan katalis berbasis nikel dapat menghasilkan sorbitol dengan selektivitas 96%- 98%. Ketidakesesuaian ini disebabkan oleh tekanan operasi yang digunakan hanya 5 bar. Menurut Malinovsky, tekanan yang digunakan saat reaksi sangat berpengaruh terhadap selektivitas. Semakin tinggi tekanan yang digunakan maka semakin banyak hidrogen yang dapat bereaksi dengan glukosa sehingga dapat mempengaruhi selektivitas sorbitol yang terbentuk (Malinovsky dkk,2017). Untuk nilai yield terbesar terdapat pada suhu 90°C dengan nilai yield sebesar 3,04% dan nilai yield terendah terdapat pada suhu 130°C dengan nilai yield sebesar 2,93%. Nilai yield yang dihasilkan memiliki pola semakin menurun pada kenaikan suhu sampel. Meskipun nilai penurunannya tidak terlalu besar.

Menurut Malinovsky (2017) semakin tinggi temperature maka yield semakin besar, dalam penelitian ini yield semakin menurun karena rendahnya tekanan hydrogen sehingga banyak terjadi reaksi samping seperti karamelisasi atau pembentukan asam gluconic. Asam gluconic mempunyai kecenderungan untuk menempel pada *active site* dari katalis sehingga mempengaruhi stabilitas katalis (Kuusisto dkk, 2014), sedangkan karamelisasi bisa disebabkan oleh tekanan hydrogen yang terlalu rendah sehingga glukosa terlebih dahulu bergabung menjadi karamel sebelum hydrogen sempat masuk ke gugus glukosa . Berdasarkan nilai yield yang dihasilkan dapat dikatakan bahwa suhu 90°C merupakan suhu optimal untuk menghasilkan nilai yield terbesar dalam penelitian ini.

Tabel IV.5 Nilai Orde Reaksi dan Konstanta Reaksi

Suhu (Celcius)	Orde Reaksi (Terhadap Glukosa)	Konstanta Reaksi (hr ⁻¹)
90	0,1967	0,004
110	0,429	0,0058
130	0,1036	0,0086

Tabel IV.5 menunjukkan nilai orde reaksi dan konstanta reaksi pada masing-masing suhu. Orde reaksi terhadap glukosa dominan menunjukkan orde nol. Semakin tinggi suhu menunjukkan konstanta reaksi yang semakin besar sehingga laju reaksinya meningkat. Berdasarkan ketiga nilai konstanta reaksi tersebut, nilai energi aktivasi dapat dihitung dengan hukum Arrhenius dan didapatkan harga energi aktivasi sebesar 23,033 kJ/mol.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Pembuatan katalis Ni/Karbon aktif yang diawali dengan pembuatan penyangga berupa karbon aktif menghasilkan luas permukaan sebesar 234 m²/gr. Setelah dilakukan proses *wet impregnation* dengan 10% *loading* logam nikel, luas permukaan karbon aktif mengalami penurunan menjadi 125 m²/gr. Penyerapan logam nikel dalam karbon aktif mencapai 10,03%.
2. Performa dari aplikasi bambu ori sebagai penyangga katalis Ni masih menunjukkan penurunan kristalinitas Ni.
3. Untuk tekanan 5 bar, temperatur 90 °C merupakan temperatur optimum untuk menghasilkan nilai yield tertinggi yaitu 3,04%

V.2 Saran

1. Untuk memperbesar luas permukaan karbon aktif akan lebih baik menggunakan metode yang lain seperti yang diusulkan oleh Thomas dkk (2015). Setelah bambu dikeringkan lalu dihancurkan sampai ukuran 1-2 mm, lalu dilakukan treatment dengan H₃PO₄ dan K₂CO₃ dengan rasio impregnasi yang berbeda pada temperature ruang. Campuran itu lalu dipanaskan pada suhu 700-850 °C setelah dehidrasi. Luas permukaan maksimal diperoleh pada impregnasi rasio 3:1 dan suhu 750 °C yaitu sebesar 2237 m²/g.
2. Untuk menghasilkan nilai selektivitas yang lebih maksimal akan lebih baik apabila digunakan tekanan operasi lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dabrowski, A., Podkoscielny, P., Hubiciki, Z., Barczak, M. 2005. *Adsorption of Phenolic Compounds by Activated Carbon-a Critical Review*. Chemosphere 58, 1049-1070.
- Forestry Department. 1985. *Industrial Charcoal Making*. Food and Agricultural Organization.
- Gates, B.C., 1992, "Catalytic Chemistry", New York: John Wiley & Son, Inc. Diao, Y., W.P. Walawender, L.T. Fan. 2002. *Bioresource Technol.* 81 45.
- Groggins, P., H. 1958. *Unit Processes in Organic Synthesis*. USA: McGraw-Hill
- Gunardi, Ignatius. 2014. Pemanfaatan Bentonit dan Karbon Sebagai *Support* Katalis NiO-MgO pada Hidrogenasi Gliserol. *Jurnal Teknik POMITS* Vol., No.2
- Hoffer, B., W., Creeze, E., Devred, F., Mooijman, P. R. M., Sloof, W. G., Kooyman, P. J., van Langeveld, A. D., Kapteijn, F., and Moulijn, J.A. 2003. The role of the active phase of Raney-type Ni catalyst in the selective hydrogenation of D-glucose to D-sorbitol. Netherland : Elsevier
- Kirk, R.E and Othmer, D.F. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol.5. Interscience Encyclopedia. Inc. New York
- Krisdianto, S., Sumarni., dan Ismiarto, A. 2006. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Departemen Kehutanan Jakarta. Jakarta.
- Kuusisto, J., Heikkila, H., Tylli, Matti., Golde, Martin, dan Riihimaki, T. 2014. Hydrogenation process for The Production of A Sugar Alcohol. US Patent
- Malinovsky, A., Matveeva, V., Sulman, E., Doluda, V., Stepacheva, A., and Rebrov, E. 2017. D-Glucose Hydrogenation over Ni Based Hypercrosslinked

- Polysterene. Italia : the Italian Association of Chemical Engineering ISBN978-88-95608-51-8
- Mulak, Wladyslawa. 2008. Leaching of Nickle from Spent Catalysts in Hydrochloric Acid Solutions. Poland:Wroclaw University od Technology
- Nasikin., M., Susanto B.H., Hirsaman M.A., Wijanarko A., 2009. “*Biogasoline from Palm Oil by Simultaneous Cracking and hydrogenation reaction over Nimo/zeolite Catalyst*”, World Applied Sciences Journal (special Issue for Environment), 5th Ed. Penang: IDOST Publication
- Perry, R H, 1999. “*Chemical Engineering Handbook*”. Six edition, International Edition, Mc Graw Hill Book Co., Singapore
- Ruthven, D.M. 1981. Principles of Adsorption and Adsorption Process. A Willey Interscience Publication. New York.
- Schimpf, S., Louis, C., and Claus, P. 2006. Ni/SiO₂ catalyst prepared with ethylenediamine nickel precursors : Influence of the pretreatment on the catalytic properties in glucose hydrogenation. Germany : Elsevier
- Smith, Robin. 2005. Chemical Process Design and Integration. Wiley. Interscience Publication. New York.
- Sianturi, Sernita. 2009. Reaksi Aminasi Gliserol dalam Brbagai Tekana Gas Amonia dengan Katalis Nikel. Medan: Tesis Program Studi Pascasarjana kimia, Universitas Sumatra Utara.
- Sitompul, D. 2010. “Hidrogenasi Glukosa Menjadi Sorbitol Dengan Menggunakan Universitas Sumatra Utara
- Soesilo, D., Santoso, R. E., dan Diyatri, I. 2005. Peranan Sorbitol dalam Mempertahankan Kestabilan pH Saliva pada Proses Pencegahan Karies. Surabaya: Fakultas Kedokteran Gigi Unair
- Tjatoer, Welasih. 2003. “Hidrogenasi Glukosa Menjadi Sorbitol Menggunakan Katalis Nickel dalam Reaktor Berpengaduk dan Bertekanan Tinggi” Surabaya: Tesis

Jurusan Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Tjeng, Mellissa. 2011. “Perbandingan Kandungan Lemak Trans pada Pembuatan Coating Fat dari Minyak Kelapa Inti Kelapa Sawit Melalui Hidrogenasi Parsial, Interesterifikasi dan Metode Blending”. Medan: Disertasi Program Doktor Ilmu Kimia – FMIPA. Universitas Sumatra Utara.
- Ulyani, Visti. 2008. “Reaksi Katalis Oksidasi Vanili menjadi Asam Vanilat Menggunakan Katalis $TiO_2Al_2O_3$ (1:1) yang dibuat dengan PEG 6000”. Jakarta: Skripsi Jurusan Kimia-FMIPA. Universitas Indonesia.
- WADA. 2015. Diabete Mellitus. Canada
- WHO. 1999. Definition, Diagnosis, and Classification of Diabetes Mellitus and Its Complications. World health Organization

APENDIKS A
PERHITUNGAN PEMBUATAN
KATALIS Ni/Karbon aktif

1. Perhitungan H₃PO₄ untuk aktivasi arang karbon

Volume H₃PO₄ = 1 L

Berat H₃PO₄ = 1,71 kg

Maka densitasnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$\rho = m/v$$

$$\rho = \frac{1,71 \text{ kg}}{1 \text{ L}}$$

$$\rho = 1,71 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$= 1,71 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Kebutuhan H₃PO₄ untuk aktivasi adalah 1 : 5 berat arang karbon. Berat arang karbon = 19,28 g Sehingga, berat H₃PO₄ yang dibutuhkan = 96,4 gr. Volume H₃PO₄ yang dibutuhkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$1,71 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{96,4 \text{ g}}{v}$$

$$v = 56,37 \text{ cm}^3$$

2. Impregnasi Logam Ni

Berat Sampel = 20 gr

Loading Ni = 10 % berat karbon aktif

Ni = 10% x 20 gr = 2 gr

Menghitung kebutuhan Ni untuk impregnasi

BM Ni(NO₃)₂.6H₂O = 290,79 g/mol

Berat Ni(NO₃)₂.6H₂O (98%) = $\frac{1}{0,98} \times \frac{290,79}{58,7} \times 2$
 = 10,11 gr

3. Metode impregnasi yang digunakan adalah wet impregnation maka volume larutan logam = 1,5 volume pori karbon aktif sehingga perlu dilakukan perhitungan larutan logam sebagai berikut:

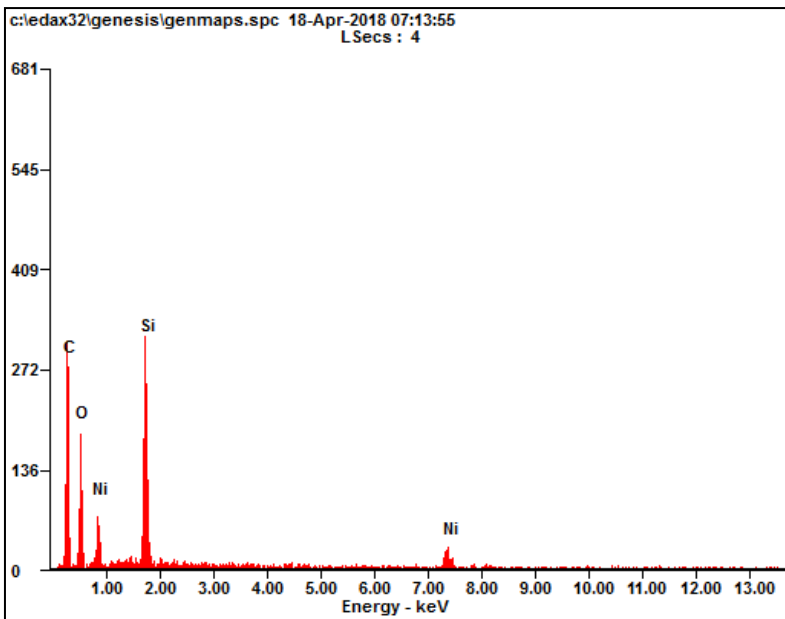
$$\text{Volume pori karbon aktif (V}_{KA}) = 0,242 \frac{\text{cm}^3}{\text{g}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan logam (V}_L) &= 1,5 \times \text{Berat karbon aktif} \times V_{KA} \\ &= 1,5 \times 20 \text{ g} \times 0,242 \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \\ &= 7,26 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

APENDIKS B HASIL ANALISA

B.1. Hasil Analisa SEM-EDX pada Katalis Ni/Karbon Aktif

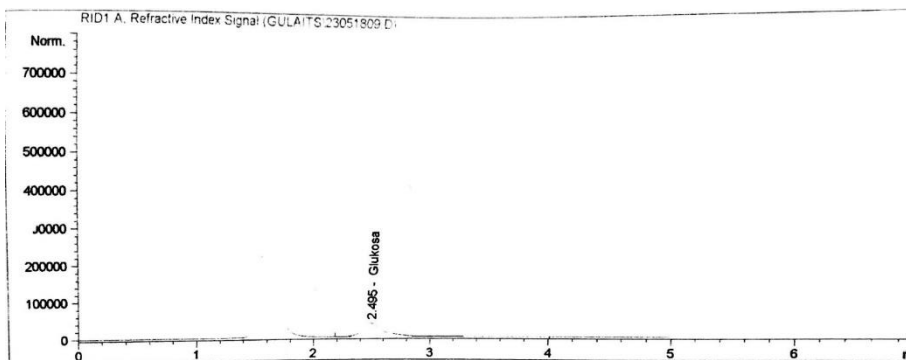
Hasil analisis berikut dilakukan di Laboratorium Divisi Karakterisasi Material, Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, diperoleh hasil sebagai berikut :



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>C</i>	44.99	59.81
<i>O</i>	27.70	27.64
<i>Si</i>	17.29	09.83
<i>Ni</i>	10.03	02.73
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

B.2. Hasil Analisa HPLC Glukosa

Hasil analisis berikut dilakukan di Laboratorium Unit Layanan Penelitian (ULP) Universitas Airlangga Surabaya. Contoh hasil analisa larutan sampel untuk variabel temperature 90°C dan waktu 0 menit sebagai berikut:



Gambar B.2 Grafik Hasil Analisa Kandungan Glukosa pada Larutan Sampel Suhu 90°C dan Waktu 0 Menit

Berdasarkan Gambar B.3 dapat diperoleh informasi bahwa sumbu X adalah *abundance* dan sumbu Y adalah *retention time* tertentu. Senyawa-senyawa yang ada dalam larutan sampel akan muncul dalam bentuk peak-peak berdasarkan *abundance* dan *retention time* tertentu. Hasil data analisis kandungan sorbitol pada produk liquid menggunakan HPLC telah dirangkum sebagai berikut:

Tabel B.2 Hasil Data Analisis Kandungan Sorbitol pada Produk Liquid Menggunakan HPLC

Variabel			R. Time (min)	Area (x10 ⁶)	Amt/Area ^a (x10 ⁻⁶)	Amount (%b/v)
Temperature (C)	Waktu (min)	Preparasi				
90	0	1				7,122
		2	2,559	5,123	1,373	7,038
	60	1	2,505	3,863	1,352	5,222
		2	2,566	3,814	1,350	5,151
	90	1	2,498	2,033	1,272	2,585
		2	2,561	1,999	1,268	2,536
	120	1	2,493	0,612	0,877	0,537
		2	2,566	0,608	0,873	0,531
110	0	1	2,583	5,608	1,439	8,075
		2	2,658	5,655	1,439	8,142
	60	1	2,400	8,080	9,677	7,819
		2	2,552	7,755	9,645	7,755
	90	1	2,515	1,197	1,438	1,722
		2	2,577	1,192	1,438	1,715
	120	1	2,612	10,563	1,439	15,210
		2	2,689	10,558	1,439	15,202
130	0	1	2,535	0,108	1,553	16,904
		2	2,556	0,110	1,553	17,123
	60	1	2,455	0,547	1,506	8,244
		2	2,477	0,544	1,506	8,203
	90	1	2,426	3,211	1,441	4,626
		2	2,598	3,156	1,438	4,539
	120	1	2,497	0,713	1,437	1,026
		2	2,562	0,701	1,437	1,007

APENDIKS C PERHITUNGAN KONVERSI, YIELD DAN SELEKTIVITAS

Contoh perhitungan menggunakan data penelitian dari sampel suhu 90°C

Tabel C.1 Data Kadar sampel Suhu 90°C

t (menit)	Kadar (% b/v)
0	7,08
60	5,1865
90	2,5605
120	0,534

C.1. Perhitungan Konversi Glukosa

Mengitung mol glukosa mula-mula

Massa glukosa mula-mula = 36,4 g

$$\begin{aligned} \text{Mol glukosa mula-mula} &= \frac{\text{Massa glukosa mula-mula}}{\text{BM glukosa}} \\ &= \frac{36,4 \text{ g}}{180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \\ &= 0,2022 \text{ mol} \end{aligned}$$

Menghitung mol glukosa setelah reaksi pada suhu 90°C waktu 0 menit

$$\begin{aligned} \text{Mol} &= \frac{\text{Kadar}}{\text{BM glukosa}} \\ &= \frac{0,0708 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 200 \text{ cm}^3}{180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \\ &= 0,0787 \text{ mol} \end{aligned}$$

Konversi =

$$\begin{aligned} &\frac{(\text{mol glukosa mula-mula}) - (\text{mol glukosa setelah reaksi})}{(\text{mol glukosa mula-mula})} \times 100\% \\ &= \frac{(0,2022 - 0,0787) \text{ mol}}{0,2022 \text{ mol}} \times 100\% \\ &= 61,099 \% \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan hasil konversi glukosa sebagai berikut:
Tabel C.2 Hasil Perhitungan Konversi Glukosa pada Suhu 90°C

t (menit)	Kadar (% b/v)	Mol	Konversi (%)
0	7,08	0,0787	61,099
60	5,1865	0,0576	71,503
90	2,5605	0,0285	85,931
120	0,534	0,0059	97,066

C.2 Perhitungan Selektivitas

Perhitungan selektivitas pada suhu 90°C

Tabel C.3 Data Hasil Analisa HPLC Sorbitol

T (C)	Kadar Sorbitol (% b/v)
90	1,12
110	0,72
130	0,86

Menghitung mol sorbitol

Volume sampel = 100 cm³

$$\begin{aligned}
 \text{Mol} &= \frac{\text{mol sorbitol}}{\text{mol glukosa}} \\
 &= \frac{0,0112 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 100 \text{ cm}^3}{182 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \\
 &= 0,00615 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Selektivitas} &= \frac{\text{mol sorbitol}}{(\text{mol glukosa mula-mula}) - (\text{mol glukosa setelah reaksi})} \times 100 \% \\
 &= \frac{0,00615 \text{ mol}}{(0,2022 - 0,0059) \text{ mol}} \times 100 \% \\
 &= 3,135 \%
 \end{aligned}$$

C.2 Perhitungan Yield

$$\begin{aligned}\text{Yield} &= \frac{\text{mol sorbitol}}{\text{mol glukosa mula-mula}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,00615 \text{ mol}}{0,2022 \text{ mol}} \times 100 \% \\ &= 3,043 \%\end{aligned}$$

APENDIKS D PERHITUNGAN KINETIKA REAKSI

Contoh perhitungan menggunakan data penelitian dari sampel suhu 90°C

Tabel D.1 Data Kadar sampel Suhu 90°C

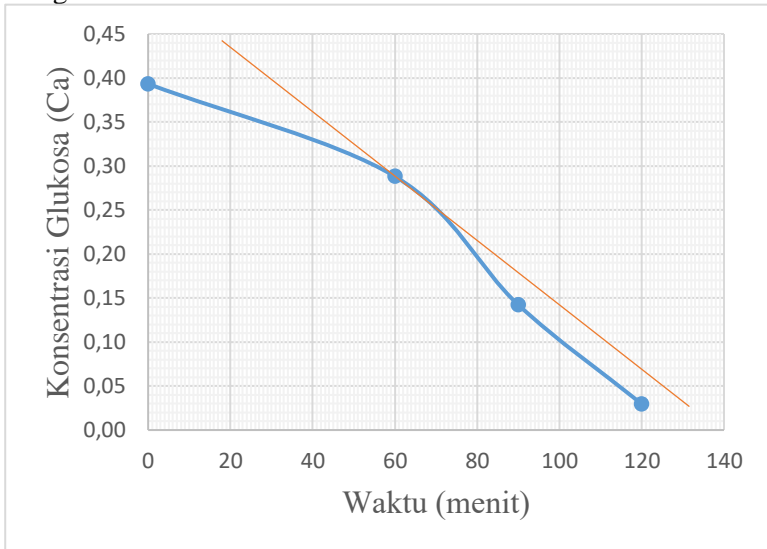
t (menit)	Kadar (% b/v)
0	7,08
60	5,1865
90	2,5605
120	0,534

D.1 Perhitungan Orde dan Konstanta Reaksi

Menghitung konsentrasi glukosa (C_a)

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi} &= \frac{\frac{\text{Kadar}}{\text{BM glukosa}}}{\frac{\text{Volume}}{1000 \text{ cm}^3}} \\ &= \frac{0,0708 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 200 \text{ cm}^3}{\frac{180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1000000 \text{ dm}^3}} \\ &= 0,3993 \text{ M} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan grafik waktu vs konsentrasi glukosa sebagai berikut:



Gambar D.1 Grafik antara Waktu dan Konsentrasi Glukosa

Untuk menghitung $\frac{dCa}{dt}$ digunakan bantuan garis yang menyinggung grafik tersebut. Contoh perhitungan pada sampel suhu 90°C waktu 60 menit.

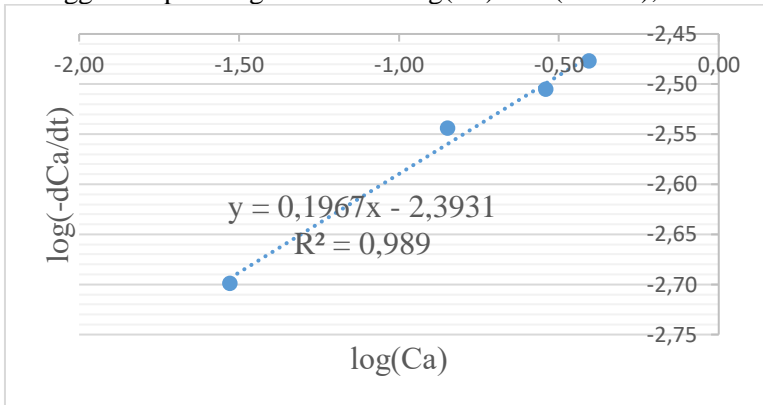
$$\begin{aligned} \frac{dCa}{dt} &= \frac{0,35 - 0,30}{40 - 56} \\ &= -0,0033 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan dCa/dt pada suhu 90°C :

Tabel D.2 Tabel Perhitungan dCa/dt pada suhu 90°C

t (menit)	Kadar (%b/v)	Konsentrasi (C_a)	dC_a/dt	$\log(-dC_a/dt)$	$\log(C_a)$
0	7,08	0,3933	-0,0033	-2,4771	-0,4052
60	5,1865	0,2881	-0,0031	-2,5051	-0,5404
90	2,5605	0,1423	-0,0029	-2,5441	-0,8469
120	0,534	0,0297	-0,002	-2,6990	-1,5277

Sehingga didapatkan grafik antara $\log(\text{Ca})$ dan $(d\text{Ca}/dt)$,



Gambar D.2 Grafik antara $\log(\text{Ca})$ dan $\log(-d\text{Ca}/dt)$

Dari grafik tersebut didapatkan persamaan garis $y = 0,1967x - 2,3931$. Berdasarkan *Figure 3.18, Chemical Reaction Engineering*, slope dari grafik antara $\log(\text{Ca})$ dan $\log(d\text{Ca}/dt)$ menyatakan nilai orde reaksi, sehingga didapatkan nilai orde reaksi sebesar 0,1967.

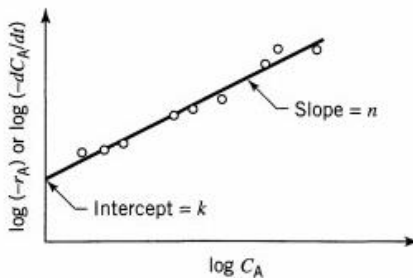


Figure 3.18 Test for an n th-order rate form by the differential method.

Gambar D.3 Menentukan Nilai Orde Reaksi dan Konstanta Reaksi (Levenspiel, 1999).

Merhitungan Konstanta Reaksi

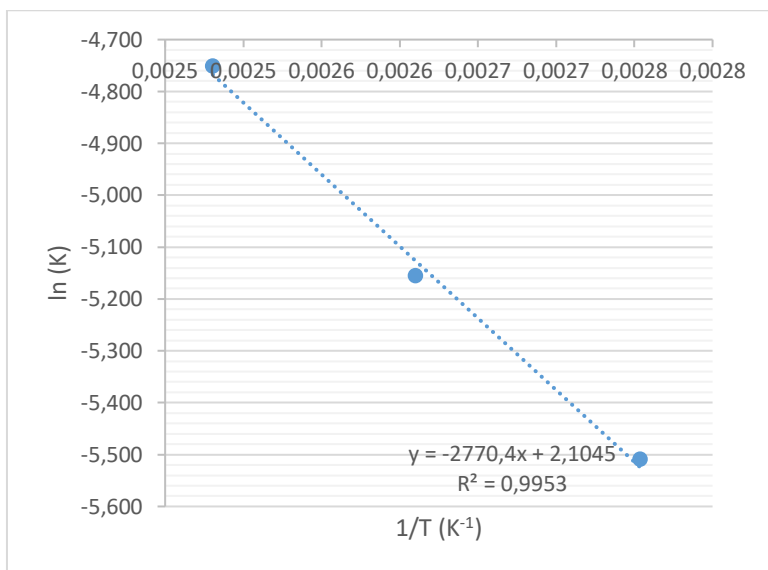
$$\begin{aligned}k &= 10^{(\text{intercept})} \\ &= 10^{-2,3931} \\ &= 0,004\end{aligned}$$

D.2 Perhitungan Energi Aktivasi

Berdasarkan ketiga nilai konstanta reaksi yang telah didapatkan, dapat dihitung energi aktivasi dengan menggunakan Hukum Arrhenius.

Tabel D.3 Tabel Perhitungan $\ln(k)$ dan $1/T$

Suhu (C)	Suhu (K)	k	$\ln k$	$1/T$
90	363,15	0,00405	-5,510	0,0028
110	383,15	0,00577	-5,156	0,0026
130	403,15	0,00864	-4,752	0,0025



Gambar D.4 Grafik antara $\ln(k)$ dan $1/T$

Dari grafik diatas didapatkan persamaan garis, $y = -2770,4x + 2,1045$, sehingga energi aktivasi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} E &= R \frac{d \ln(k)}{d \frac{1}{T}} \\ &= 8,314 \times 2770,4 \\ &= 23033,11 \text{ J/mol} \\ &= 23,033 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

BIODATA PENULIS



Ratna Dewi Pratiwi, dilahirkan di Tuban, 21 Juli 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Adhiaksa IV Tuban pada tahun 2002, lulus dari SDN Polehan 03 Malang pada tahun 2008, lulus dari SMPN 06 Malang pada tahun 2011 dan lulus dari SMAN 01 Malang pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikannya di Program Studi S1 Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Penelitian dan Teknologi BEM FTI-ITS Surabaya (2015-2016). Penulis berhasil menyelesaikan Pra-Desain Pabrik dengan judul “Pra-desain Pabrik Asam sitrat dari Molasses” dan skripsi dengan judul “Hidrogenasi Glukosa menjadi Sorbitol dengan Menggunakan Katalis Berbasis Nikel” dibawah bimbingan Bapak Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., dan Bapak Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingginya pada tahun 2018.
Email : ratna7667@gmail.com

BIODATA PENULIS



Mahendra Puguh Perdana, dilahirkan di Blora, 25 Juni 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK BRI pada tahun 2002, lulus dari SDN Kartini pada tahun 2008, lulus dari SMPN 1 Blora pada tahun 2011 dan lulus dari SMAN 1 Blora pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Kaderisasi di Kajian

Islam Nurul Ilmi Teknik Kimia FTI-ITS (2015-2016). Staff Ahli Bidang Media Informasi Islam KINI Teknik Kimia FTI-ITS (2016-2017). Penulis berhasil menyelesaikan Pra-Desain Pabrik “Asam Sitrat dari Molases” dan skripsi berjudul “Hidrogenasi Glukosa menjadi Sorbitol dengan Menggunakan Katalis Berbasis Ni” dibawah bimbingan Firman Kurniawansyah ST., M.Eng., Sc., Ph D., dan Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingginya pada tahun 2018.

Email : mahendrapuguh88@gmail.com