HIDROLISIS SELOBIOSA MENGGUNAKAN KATALIS ZIRKONIA TERSULFATASI DENGAN PROMOTOR GALLIUM OKSIDA

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Bidang Studi Kimia

Oleh:
Rizki Dwifahmi
08031381722109

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

HIDROLISIS SELOBIOSA MENGGUNAKAN KATALIS ZIRKONIA TERSULFATASI DENGAN PROMOTOR GALLIUM OKSIDA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh

Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

RIZKI DWIFAHMI

08031392722109

Indralaya, 19 Mei 2022

Pembimbing I	**Pembimbing II**
Dr. Addy Rachmat, M. Si	**Dr. Desnelli, M. Si**
NIP. 197409282000121001	**NIP. 196912251997022001**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Hermansyah, Ph. D

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Hidrolisis Selobisa Menggunakan Katalis Zirkonia Tersulfatasi dengan Promotor Gallium Oksida" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Mei 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang telah diberikan.

Inderalaya, 23 Mei 2022

Ketua :

1. Dr. Addy Rachmat, M. Si. (.....)

NIP. 197409282000121001

Penguji :

1. **Dr. Desnelli, M. Si.** (.....)
   NIP. 196912251997022001

2. **Dr. Ferlinahayati, M. Si.** (.....)
   NIP. 197402052000032001

3. **Nova Yuliasari, M. Si** (.....)
   NIP: 197307261999032001

Mengetahui,

Dekan FMIPA

Prof. Hermansyah, Ph.D
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M.Si.
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama mahasiswa : Rizki Dwifahmi

NIM : 08031382722109

Fakultas/jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberi penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Indralaya, 23 Mei 2022

Rizki Dwifahmi
NIM.08031381722109

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa : Rizki Dwifahmi

NIM : 08031381722109

Fakultas/jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya meyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : "Hidrolisis Selobiosa Menggunakan Katalis Zirkonia Tersulfatasi dengan Promotor Gallium Oksida" Dengan hak bebas royalti non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh..

Indralaya, 23 Mei 2022

Yang menyatakan,

Rizki Dwifahmi
NIM. 08031381722109

SUMMARY

HYDROLYSIS OF CELLOBIOSE USING SULFATED ZIRCONIA CATALYST WITH GALLIUM OXIDE PROMOTER

Rizki Dwifahmi : Supervised by Dr. Addy Rachmat M.Si and Dr. Desnelli, M.Si

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University, xvii + 66 pages, 4 tables, 6 pictures, 6 appendixes

Research entitled hydrolysis of cellobiose using sulfated zirconia catalyst with a gallium oxide promoter has been carried out. Sulfated zirconia is heterogeneous catalys that has strong acid properties. to increase sulphated zirconia, a promoter can be used, one of which is gallium.

Sulfated zirconia catalyst with a gallium oxide promoter was synthesized with various promoter content of 2% (GSZ-2), 5% (GSZ-5) and 10% (GSZ-10). The catalyst obtained was analyzed by XRD, GSA, SEM-EDS and solid acidity. Sulfated zirconia and sulfated zirconia with a gallium promoter are used as catalysts in the hydrolysis reaction of cellobiose to glucose. Cellobiose hydrolysis was carried out with variations in time of 60, 90, 120 minutes and temperatures of 160°C and 175°C. The results of the hydrolysis were analyzed using HPLC.

The results of characterization using XRD showed that sulfated zirconia appeared at the peaks at an angle of 28.10° and 31.41° where the peaks indicated the monoclinic phase. Meanwhile, sulfated zirconia with a gallium promoter is at the peak with an angle of 30.20° and an angle of 50.55° which indicates that the catalyst is in the tetragonal phase. Characterization with GSA showed that GSZ-10 catalyst had the largest surface area among SZ, GSZ-2 and GSZ-5 catalysts. The results of SEM analysis showed that the surface of the sulfated zirconia catalyst with and without the gallium promoter had irregular shape and size. Acidity analysis with ammonia gas showed that the GSZ-10 catalyst had a higher acidity value than the other catalysts, namely 1.867×10^{-3} mol g^{-1}. The results were

characterized using HPLC showing the highest glucose level of 4.367% was obtained under conditions of 120 minutes and a temperature of 175°C with SZ catalyst.

Key words : Sulfated Zirconia, Gallium Promoter, Hydrolysis, Cellobiose

Citation : 52 (1996-2020)

RINGKASAN

HIDROLISIS SELOBIOSA MENGGUNAKAN KATALIS ZIRKONIA TERSULFATASI DENGAN PROMOTOR GALLIUM OKSIDA

Rizki Dwifahmi : Dibimbing oleh Dr. Addy Rachmat M.Si dan Dr. Desnelli, M.Si

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, xvii+ 66 halaman, 4 tabel, 6 gambar, 6 lampiran.

Penelitian berjudul hidrolisis selobiosa dengan menggunakan katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium oksida telah dilakukan. Zirkonia tersulfatasi merupakan katalis heterogen yang memiliki sifat asam yang kuat. Untuk meningkatkan keasaman zirkonia tersulfatasi dapat digunakan promotor yang salah satunya gallium.

Katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium oksida disintesis dengan variasi kandungan promotor sebesar 2% (GSZ-2), 5% (GSZ-5) dan 10% (GSZ-10). Katalis yang diperoleh dianalisis dengan XRD, GSA, SEM-EDS dan keasaman padatan. Zirkonia tersulfatasi dan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium digunakan sebagai katalis dalam reaksi hidrolisis selobiosa menjadi glukosa. Hidrolisis selobiosa dilakukan dengan variasi waktu 60, 90, 120 menit dan suhu 160°C dan 175°C. Hasil hidrolisis dianalisis dengan menggunakan HPLC.

Hasil karaktersisasi menggunakan XRD menunjukkan zirkonia tersulfatasi muncul pada puncak dengan sudut 28,10° dan 31,41° dimana puncak tersebut menunjukkan fase monoklinik. Sedangkan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium berada pada puncak dengan sudut 30,20° dan sudut 50,55° yang menunjukkan katalis tersebut berada pada fase tetragonal. Karakterisasi dengan GSA menunjukkan katalis GSZ-10 memiliki luas permukaan yang paling besar diantara katalis SZ, GSZ-2 dan GSZ-5 Hasil analisa SEM menunjukkan permukaan katalis zirkonia tersulfatasi dengan dan tanpa promotor gallium memperlihatkan

partikel dengan bentuk dan ukuran yang tidak seragam. Analisa keasaman dengan gas ammonia memperlihatkan katalis GSZ-10 memiliki nilai keasaman yang lebih besar diantara katalis yang lainnya yaitu $1,867 \times 10^{-3}$ mol g^{-1}. Hasil dikarakterisasi menggunakan HPLC menujukkan kadar glukosa tertinggi sebesar 4,367% diperoleh dalam kondisi waktu 120 menit dan suhu 175°C dengan katalis SZ.

Kata kunci : Zirkonia Tersulfatasi, Promotor Gallium, Hidrolisis, Selobiosa.

Sitasi : 52 (1996-2020)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini sebagai tanda syukur kepada :
Allah SWT
Nabi Muhammad SAW

Ku persembahkan karya ilmiah ini kepada :

- Pembimbing skripsi ku (Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si dan ibu Dr. Desnelli , M.Si)
- Kedua orang tuaku (Bapak Edi Fahmi dan Almh. Suroidawati) yang telah men do'a kan ku
- Saudara/i (Annissa Fahmawati dan Fajar Ramadhan Paltanraja)
- Teman-temanku
- Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

"Aku tau ibu tidak kan pernah membaca tulisan ini, namun aku hanya ingin mengatakan, aku benar merindukan ibu"

Tentang aku yang tidak menginginkan apa-apa, kecuali bumi dan doa yang sel alu ada Ibu didalamnya

Tentang aku yang tidak menginginkan surga, asalkan Ibu didunia selamanya

Tentang aku yang selalu menginginkan Ibu kembali

Ibu.. terima kasih dan maaf aku tidak bisa menepati janjiku

semoga ibuu ditempati di sisi terbaiknya-Nya

Ibuu, sampai bertemu dikehidupan yang abadi "akhirat"

We miss you

Uang bisa digali, ilmu bisa dicari

Tapi kesempatan tidak datang dua kali

Dan penyeselan selalu di akhir

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan segala puji serta syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan segala urusan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Hidrolisis Selobiosa Menggunakan Katalis Zircknia Tersulfatasi dengan Promotor Gallium Oksida” Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesarbesarnya kepada dosen pembimbing saya **Ibu bapak Dr. addy Rachmat, M.Si dan ibu Dr. Desnelli M.Si** yang telah membimbing saya sejak awal penyusunan skripsi ini hingga selesai. Terima kasih telah banyak memberikan waktu, arahan, nasehat, pelajaran, petunjuk, dukungan, dorongan, semangat, masukan, serta saran yang sangat membantu dan tidak ternilai harganya kepada saya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Allah selalu membalas kebaikan ibu dan bapak.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa segala rintangan yang dihadapi selama masa skripsian dapat terselesaikan juga, tentu dengan adanya dukungan dari semua pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah swt yang telah memberikan rahmat dan nikmat dan-Nya yang begitu besar.
2. Bapak Prof. Hermansyah, M.Si selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekertaris Jurusan Kimia FMIPA universitas Sriwijaya
4. Bapak Dr. Ady Mara M.Si selaku dosen pembimbing akademik.
5. Ibu Dr. Ferlina hayati, Ibu Nova Yuliasari M.Si, Bapak Prof Hermansyah M.Si serta Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku pembahas dan penguji sidang yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan dan saran-

saran yang sangat membantu dalam menyempurnakan skripsi ini.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen FMIPA Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya yang telah mengajar, mendidik, meluangkan waktu serta memberikan banyak ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama proses perkuliahan.
7. Mbak Novi dan kak Iin. Terima kasih telah membantu adsministrasi selama perkuliahan hingga akhir penyelesaian skripsi ini.
8. Kedua orangtua yang paling hebat serta terbaik. Ayahku Edi Fahmi dan Alhmh. Ibuku Suroidawati. Terimakasih karena selalu menjagaku dalam limpahan doa yang tak berkesudahan. Terutama ku khususkan untuk Almarhumah ibu, aku sangat berterima kasih Allah telah memberikan Ibu terbaik, penyabar dan kuat dalam menhadapi apapun itu. Ibu, aku cuma mau minta maaf sebesar2nya disaat detik2 kepergianmu aku tidak ada disamping dan aku tidak ikut merawatmu, itu merupakan penyesalan yang sampai sekarang tidak bisa ku maafkan untuk diriku. Maaf juga aku tidak bisa menepati janji ku sebelum kepergianmu, dan ku sangat2 menyesal belum mengucapakan kata maaf disaat terakhirmu. Semoga Allah menepatkan ibu disurga-Nya. Berkat kekuatan kedua orang tua ku, aku bisa menyelesaikan ini.
9. Saudara/i ku tercinta. Ayukku Annisa Fahmawati yang selalu menyemangatiku, mendengarkan semua keluh kesahku, yang selalu mengerti keadaanku serta tak lupa selalu memberikanku tf-an setiap bulannya. Adikku Fajar Ramadhan, adik bungsu yang paling kuat, terima kasih . Love you both.
10. Sahabatku, Melviana VIolleta kimur, terima kasih banyak kuucapakan atas bantuan mu selama tugas akhir ini, salah satu orang yang memotivasi diriku, salah satu orang yang selalu mendukung diriku, salah satu orang yang tidak pernah meremehkan ku. Orang yang tidak pernah meninggalaknku saat aku susah. Terima kasih banyak telah mendengarkan curhat-an ku. Terima kasih selalu jadi orang baik. Semoga kita bisa bertemu dilain waktu, dan semoga Allah selalu membalas kebaikanmu.
11. Untuk Andre Yogaswara patner terbaik sejak SMA sampai kuliah, terima kasih yang

selalu sabar untuk ku, terima kasih telah menjadi tempat aku meluapkan emosi, kekesalanku serta kemarahanku. Terima kasih yang selalu sedia Ketika aku meminta tolong untuk menemani diriku berkerja diLab. Semoga Allah selalu membalas kebaikanmu. Dan semoga tahun ini kamu juga cepat menyelesaikan perkuliahmu.

12. Teruntuk mollie dan bonie kucing kesayanganku. Aku sangat berterima kasih Allah telah menciptakan makhluk selucu kalian hihi. Terima kasih ya mollie dan bonie telah menemani ku dalam dunia perskripsian, telah menemani sampai begadang dan yang selalu setia menunggu ku.
13. Teman seperjuangan dari awal maba, yuk defi makasi yaa bener2 dari awal sudah mau berteman sama diriku, sudah mau memulai menegorku berkat dirimu aku jadi tau tentang syarat2 PK2 wkwk. Semoga yuk def selalu Bahagia. Untuk Renny Mutiara makasih ya beb, telah menjadi temen terbaik hihi, terima kasih juga atas nasehat dirimu, terima kasih masih mau menjadi temanku, walaupun aku sudah buruk dimaata orang. sukses selalu yahh. Untuk Lily Santika, lii makasih banyak yahhh telah jadi tempat curhatku tentang orang tua ku, yang selalu mendengarkan curhat ku yang selalu kasih masukan tentang tulisan diskripsi ini. Maaf yaa jika selama aku kuliahh aku selalu merepotkan kalian bertigaa.
14. Temanku Restik wulandari dan jujuk terima kasih ya atas kebaikan2 kalian berdua yang repot2 datang sama2 anak anak lain ke pemakaman ibunda ku. Jujuk terima kasih banyak atas nasihat motivasi dirimu terutama pas aku sidang terima kasih banyak jukk atas wejangannyaa. Sukses ya jujuk dan restik
15. Temen ku rahmawati, sasmita puti dan zelyka Ananda putri Rahmaaa… makasih banyak selalu kurepotkan dalam lab, makasih sudah membantu ku selama tugass akhirini. Sukses selalu yaa ma!. Untuk mitoll…. Makasih banyak nn jugo tol tol selama kito satu kosan diakhri2 berpisah atas kebaikanmu, makasih sudah ngerawat aku sakit, makasih sudah menemani begadang

walapun ku gak sanggup untuk begadang wkkw, makasih juga dah mau menjadi tempat keoverthkgan ku mendengarkan keluh kesalku. Semoga mita cepat dapet kerja biar gak S2. Dan terakhir untuk Nanda terima kasih atas kebaikan2 mu selama tugas akhir, semogaa Allah membalaskebaikan mu.

16. Teman-teman seperjuangan kimia Angkatan 2017. Terima kasih yaa teman angkatanku baik yang kenal aku maupun tidak. Terima kasih kucuapkan yang telah menyempatkan hadir untuk ngelayat atas kepergian ibuku. Semoga Allah membalas kebaikan kalian semuaa.
17. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang berperan dalam membantu saya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
18. Dan terakhirrr,,, aku ingin mengucapakan terima kasih untuk diriku, terima kasih AKU yang sudah berusaha bangkit atas keperukan, yang sudah mau menyelesaikan skripsi ini walaupun cobaan yang banyak. Terima kasih AKU yang mencoba kuat dalam keadaan yang hampir membuatku GILA dan bunuh diri. Terima kasih untuk diriku untuk tidak melakukan hal2 yang diluar batas kemampuanmu dan terima kasih untuk mencoba. Aku tau diriku tidak bisa memafkaan kesalahan nya atas kepergian ibu. Aku tau diriku tidak bisa berhenti menyalahkan diri sendiri. Untuk diriku terima kasih sudah berjuang, masih banyak cobaan2 yang bakal daang tapi pelan-pelan pasti bisa melwatinya. TERIMA KASIH AKU !

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iii**
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH ..... **iv**
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH ..... **v**
SUMMARY ..... **vi**
RINGKASAN ..... **viii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **x**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**
DAFTAR TABEL ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Hidrolisis 4
2.2 Selobiosa 5
2.3 Katalis 6
2.4 Zirkonia Tersulfatasi 7
2.5 Promotor 8
2.6 *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) 9
2.7 Karakterisasi katalis Zirkonia Tersulfatasi 9
2.7.1 *X-Ray Diffraction* (XRD) 9
2.7.2 *Gas Sorption Analyzer* (GSA) 11
2.7.3 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 12
2.7.4 Keasaman padatan 13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **14**
3.1 Tempat 14
3.2 Alat dan bahan 14
3.2.1 Alat 14

3.2.2 Bahan..... 14
3.3 Prosedur penelitian..... 14
3.3.1 Sintesis Zirkonia Tersulfatasi (SZ) 14
3.3.2 Sintesis katalis zirkonia Tersulfatasi dengan Promotor Ga_2O_3 15
3.3.3 Hidrolisis selobiosa 15
3.3.3.1 Hidrolisis selobiosa dengan katalis zirconia tersulfatasi tanpa promotor..... 15
3.3.3.2. Hidrolisis selobiosa dengan katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium variasi 2%, 5% dan 10% 15
3.3.4 Analisis *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) 16
3.3.5Analisis Data Karakterisasi katalis..... 16
3.3.5.1X-ray diffraction (XRD) 16
3.3.5.2*Gas sorption analyzer* (GSA)..... 16
3.3.5.3*Scanning Electron Microscopy* (SEM) 17
3.3.5.4Uji Keasaman 17
BAB IV HASIL DAN PEMABAHASAN..... 19
4.1 Sintesis Zirkonia tersulfatasi dengan dan tanpa promotor gallium 19
4.1.1 Hasil karakterisasi Zirkonia Tersulfatasi (SZ), GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan *X-ray diffraction* (XRD)..... 19
4.1.2 Karakterisasi katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 Gas sorption analyzer (GSA) dengan metode *Brunauer Emmett Teller* (BET)..... 20
4.1.3 Hasil dari karakterisasi SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 21
4.1.4 Analisis Keasaman katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan gas amonia 23
4.2 Hidrolisis Selobiosa dengan katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10..... 24
BAB V SARAN DAN KESIMPULAN 26
5.1 Kesimpulan 26
5.2 Saran..... 26
DAFTAR PUSTAKA 27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Selobiosa (β-D-glukopiranosil-β-D-glukopiranosa) 5

Gambar 2. Pola XRD dari (1) SZ, (2) GSZ-3 (3) ASZ-3 (T : fase tetragonal ; M : monoklinik)..... 11

Gambar 3. Berkas elektron SEM 12

Gambar 4. Difraktogram katalis (a) SZ (b) GSZ-2 (c) GSZ-5 (d) GSZ-10 19

Gambar 5. Grafik isoterm dari katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10..... 21

Gambar 6. Morfologi permukaan (a) SZ, (b) GSZ-2 (c) GSZ-5 (d) GSZ-10 22

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori. 21

Tabel 2. Data EDS unsur-unsur penyusun dari katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ- 10..... 23

Tabel 3. Analisis keasaman SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10..... 24

Tabel 4. Hasil hidrolisis selobiosa dengan katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10..... 25

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu penghasil biomassa yang cukup melimpah, baik yang berasal dari limbah pertanian maupun limbah perkebunan (Pramana dkk, 2016). Biomassa memiliki potensi bahan lignoselulosa. Saat ini negara – negara maju telah melakukan penelitian pengembangan produksi bagaimana mengubah bahan biomassa menjadi bioetanol (Anggoro, 2014). Namun, produksi etanol saat ini kebanyakan berasal dari pati, jagung maupun yang berbasis biji – bijian, menyebabkan persaingan dengan produksi pangan yang dapat menimbulkan masalah. Oleh sebab itu, penting untuk mengembangkan teknologi untuk pemanfaatan selulosa sebagi salah satu sumber bahan kimia yang dapat di perbaruhi (Degrimenci *et al*, 2011)

Selulosa merupakan polimer dari karbohidrat yang dalam proses hidrolisis dapat menghasilkan glukosa. Fermentasi glukosa telah dikenal luas dapat menghasilkan etanol yang dapat digunakan sebagai bioenergi alternatif. Konversi selulosa menjadi glukosa dapat dilakukan melalui reaksi hidrolisis terkatalisis asam. Penggunaan asam mineral seperti H_2SO_4 menyisakan permasalahan berupa korosi terhadap reaktor dan sulitnya pemisahan kembali katalis dari campuran reaksi. Alternatif bagi katalis asam mineral ini adalah katalis padatan yang dimodifikasi hingga memiliki sifat asam.

Katalis asam padat telah digunakan untuk mewujudkan konversi katalitik biomassa berkelanjutan untuk beberapa produk bernilai tambah, seperti, hidrolisis polisakarida (Furuta et al 2004). Saat ini penggunaan katalis asam padat heterogen dalam produksi biofuel semakin meningkat, karena katalis padat cukup mudah dipisahkan dan memungkinkan dapat digunakan kembali (Molares-delaRosa *et al.*, 2018). Katalis heterogen memiliki kelemahan yaitu hasil yang didapatkan rendah sehingga untuk meningkatkan keefektifan dibutuhkan suhu dan tekanan yang tinggi (Berrones et al., 2014).

Zikonia tersulfatasi merupakan suatu katalis heterogen yang memiliki potensi dalam pengembangan katalis yang ramah lingkungan. Zirkonia tersulfatasi (SZ) memiliki kedua sifat asam Brønsted dan Lewis yang kuat tergantung pada

kondisi preparasi. Karena sifat asam kuatnya, aplikasi zirkonia tersulfatasi banyak ditemukan pada reaksi isomerisasi hidrokarbon, alkilasi, dan esterifikasi (Garg *et al.*, 2009). Zirkonia sulfat telah menjadi subjek pekerjaan penelitian yang luas karena kemampuannya untuk mengkatalisis isomerisasi hidrokarbon ringan linier (Canton *et al.*, 2001).

Penambahan promotor atau situs aktif pada katalis bertujuan untuk meningkatkan tingkat keasaman pada katalis (Rahmawati dkk., 2013). Promotor yang telah dilaporkan mampu memperbaiki sifat keasaman zirkonia tersulfatasi adalah gallium oksida. Gallium menunjukkan efek promotor yang baik dalam meningkatkan aktivitas katalis (Hwang dan Mou 2009).

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis zirkonia tersulfatasi yang digunakan dalam proses hidrolisis selobiosa menjadi glukosa. Dalam penelitian ini digunakan senyawa model selobiosa yang secara struktur terdiri dari dua monomer glukosa. Alasan pemilihan selobiosa sebagai senyawa model adalah adanya ikatan β-(1→4) glikosida, namun dengan memiliki jumlah monomer lebih sedikit. Selobiosa dipilih karena dapat mewakili reaksi hidrolisis terhadap ikatan β-(1→4) glikosida yang juga ada pada selulosa. Reaksi hidrolisis selobiosa sebagai reaksi model hidrolisis selulosa telah dilakukan oleh Pena et al. (2011).

1.2 Rumusan Masalah

Zirkonia tersulfatasi merupakan salah satu katalis yang memiliki tingkat keasaaman yang tinggi dan mempunyai sifat ramah lingkungan. Pemakaian katalis ini cocok untuk menggantikan katalis asam yang bersifat korosif dan ramah lingkung, serta zirkonia tersulfatasi juga diharapkan memiliki aktivitas katalitik pada hidrolisa selulosa. Pada penelitian ini terdapat permasalahan yang akan diteliti yaitu

1. Bagaimanakah pengaruh promotor gallium oksida terhadap sifat karakteristik zirkonia tersulfatasi
2. Bagaimanakah aktivitas katalitik zirkonia tersulfatasi yang diimpregnasi dengan promotor gallium oksida terhadap reaksi hidrolisis selobiosa.
3. Bagaimanakah kondisi optimum hidrolisis selobiosa menggunakan katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium oksida terhadap variable waktu dan temperatur.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh penambahan promotor gallium oksida terhadap sifat karakteristik zirkonia tersulfatasi
2. Menentukan aktivitas katalitik zirkonia tersulfatasi yang diimpregnasi dengan promotor gallium oksida terhadap reaksi hidrolisis selobiosa.
3. Menentukan kondisi optimum hidrolisis selobiosa menggunakan katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium oksida terhadap variabel waktu dan temperatur

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang hidrolisis selobiosa menjadi glukosa dengan menggunakan katalis zirkonium tersulfatasi dengan promotor gallium oksida

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses pemecahan atau penguraian pada suatu senyawa dengan air. Hidrolisis bisa dilakukan secara kimiawi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hidrolisis diantaranya suhu, konsentrasi asam dan lamanya dihidrolisis. Hidrolisis terbagi menjadi dua yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik (Muhaimin, 2018). Proses hidrolisis dipengaruhi dari beberapa parameter diantarnya suhu, waktu, reaksi, konsentrasi asam (katalis) dan pencampuran reaksi. Biasanya proses hidrolisis berlangsung lambat, sehingga dibutuhkan katalis (Praputri dkk, 2018).

a. Hidrolisis asam

Hidrolisis asam merupakan hidrolisis yang menggunakan asam yang bisa mengubah polisakarida menjadi gula. Asam tersebut berfungsi sebagai katalis, karena bisa membantu untuk proses pemecahan karbohidrat menjadi gula. Keuntungan menggunakan metode hidrolisis asam ini diantaranya menggunakan teknologi sederhana tanpa melalui tahapan, proses waktu yang singkat biaya yang murah serta tidak melibatkan enzim (Devitria dan Sepriyani, 2018).

Hidrolisis asam juga proses yang biasa dilakukan dalam tahapan untuk mengolah suatu bahan lignoselulosa, dimana proses hidrolisis asam ini bisa melarutkan penyusun pada dinding sel tumbuhan misalnya hemiselulosa dan lignin, sehingga selulosa yang terselubunginya bisa terbebas. Hidrolisis asam bisa memperpendek rantai pada selulosa, dengan tujuan untuk mempermudah melarutkan (Rezkiansyah dkk, 2018). Pada proses hidrolisis asam dipengaruhi oleh beberapa hal seperti:

1. Pengadukan, semakin cepat pengadukan maka kecepatan reaksi meningkat. Adanya kaitan dengan faktor frekuensi tumbukan (A) dengan persamaan Arhenius.
2. Ukuran bahan, semakin kecil atau halus ukuran bahan yang digunakan maka akan semakin luas, dan membuat kecepatan reaksi cepat

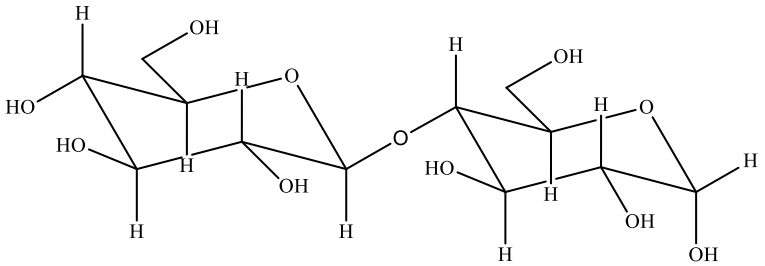
3. Rasio bahan, semakin tinggi rasio bahan, semakin besar bahan yang akan bereaksi dengan larutan maka akan menghasilkan hasil yang banyak.
4. Suhu, semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin cepat reaksi berjalan. Namun pada saat proses berlangsung jika suhu yang digunakan tinggi maka konversi menurun (Kriswiyanti, dkk,2013).

b. Hidrolisis Enzimatik

Hidrolisis enzimatik merupakan hidrolisis yang menggunakan enzim sebagai bantuan seperti α-amilase atau enzim glukoamilase (amiloglukosidase) (Muhaimin, 2018). Terdapat keuntungan dalam penggunaan hidrolisis enzimatik dibandingkan dengan hidrolisis kimiawi, diantaranya tidak ada nya degradasi gula dari hasil hidrolisis, hasil yang didapatkan berpotensi tinggi, bahan tidak korosif sehingga pemeliharaan alat murah dan keadaan prosesnya lebih lunak. Penggunaan mikroorganisme atau enzim pada hidrolisis enzimatik bisa menghidrolisis polisakarida menjadi monomer sederhana yaitu gula reduksi (Jayus dkk, 2019).

2.2 Selobiosa

Selobiosa dapat dikatakan sebagai disakarida yang kelimpahannya cukup banyak di alam. Selobiosa didapatkan dari hasil hidrolisis selulosa. Selobiosa memiliki sifat kimia dan struktur hampir sama dengan sifat kimia dan strukturnya maltose. Perbedaan dari maltosa dan selobiosa ialah ikatan yang terbentuk pada maltose 1,4-α-β sedangkan selobiosa 1,4-β. Selobiosa terdiri dari dua molekul glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosida β-(1,4). Selobiosa bisa dilakukan hidrolisis secara enzimatik dengan memakai enzim β-glukosidase, yang akan menghasilkan 2 molekul β-D-glukopiranosa (Riswiyanto, 2010). Rumus kimia dari disakarida selobiosa yaitu $C_{12}H_{22}O_{11}$. Gambar dari striktur selobiosa dapat dilihat pada gambar 1. (Nauli, 2014).



Gambar 1. Selobiosa (β-D-glukopiranosil-β-D-glukopiranosa)

Gambar 1 menunjukkan selobiosa tersusun dari dua satuan glukopiranosa yang digabung oleh suatu ikatan-1,4 (Fessenden dan Fessenden,1992).

2.3 Katalis

Katalis merupakan suatu bahan atau zat yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia mencapai kesetimbangan dan dapat terlibat dalam reaksi kimia secara tidak permanen. Dikatakan secara tidak permanen karena sebelum reaksi akan berlangsung pada katalis dan reaktan akan mengalami interkasi terlebih dahulu. Biasanya katalis digunakan untuk mempercepat laju reaksi, tetapi katalis tersebut tidak bisa digunakan sebagai memulai suatu reaksi secara termodinamika. Adapun karateristik reaksi yang dipengaruhi oleh katalis diantaranya faktor kinetik misalnya, energi aktivasi, kecepatan reaksi, sifat keadaan transisi dan lainnya (Augustin, 2020)

Katalis heterogen biasanya menggunakan katalis padat atau asam padat. Katalis heterogen juga melibatkan pusat atau situs aktif pada permukaan padatan. Tipe situs permukaan pada katalis hetergogen biasanya berbeda – beda, karena padatan kristal akan menunjukan anistropi kristal. Keuntungan yang bisa didapatkan dalam menggunakan katalis heterogen ialah dapat dipisahkan dengan mudah dari reaktan dan produk secara keseluruhan dari reaksi katalitik (Eartl *et al* .,2008).

Katalis heterogen biasanya digunakan dalam hidrolisis biomassa padat. Terdapat tahapan saat melakukan hidrolisis menggunakan katalis ini, diantaranya tahap dimana hidrolisis ini menggunakan spesies asam Bronsted yang akan dilepaskan dalam bentuk reaksi oleh bahan padat. Adapun hidrolisis yang menggunakan katalis ini terjadi saat oligomer yang kecil memasuki sistem pori. Sehingga porisitas pada katalis padat merupakan peran penting dalam aktivitas dan selektivitas katalis. Katalis heterogen telah dipelajari untuk senyawa yang berasal dari biomassa misalnya senyawa yang didapatkan dari disakarida dan selulosa (Molares-delaRosa *et al.,* 2018).

Katalis asam padat mempunyai potensi yang bisa menggantikan asam cair kuat dalam menghilangkan masalah korosi serta bahaya untuk lingkungan akibat dari pemakaian asam cair. Pengembangan asam padat sebagai katalis untuk keperluan produksi saat ini memiliki posisi strategis (Helwani *et al.,* 2009). Pada

katalis asam yang digunakan untuk produksi biodiesel harus mempunyai karakter misalnya, memiliki ukuran pori besar dan konsentrasi pada pusat asam kuatnya tinggi. Ukuran pori yang besar digunakan untuk memperkecil difusi internal pada molekul alkil yang besar, sedangkan pusat asam kuat yang tinggi digunakan sebagai memepercepat keberlangsungan reaksi (Ulfah dan Subagjo, 2016). Katalis asam padat digunakan untuk menggantikan asam cair, karena jika menggunakan asam cair bisa menyebabkan korosi dan menimbulkan bahaya lingkungan. Perkembangan asam padat sangat baik dari pada asam sulfat yang disebut dengan superacid padat (Sisca, 2018).

2.4 Zirkonia Tersulfatasi

Zirkonia (ZrO_2) termasuk salah satu kekayaan mineral yang terdapat di Indonesia dan memiliki keuungulan seperti konduktivitas listrik atau konduktivitas termalnya dan ekspansi termalnya rendah. Penggunaan zirkonia dalam bidang industri sangat luas. Zirkonia bisa divariasikan dengan asam sulfat dan akan membentuk katalisator yang mempunyai sifat keasamannya tinggi biasa disebut dengan zirkonia tersulfatasi. Zirkonia tersulfatasi merupakan katalis yang bisa digunakan sebagai isomerisasi alkana yang temperatur rendah serta dapat mentransformasi senyawa organik yang lain karena memiliki sifat asam yang kuat. Pengembangan katalis zirkonia tersulfatasi memiliki sifat ramah lingkungan (Amma dkk, 2018).

Zirkonia (ZrO_2) merupakan salah satu oksida yang mempunyai stabilitas termal tinggi, titik lelehnya berkisar 2700 °C, dan mempunyai sifat amfoter yaitu memiliki sifat basa ataupun asam, sehingga bisa dimanfaatkan untuk pengemban. Terdapat tiga fase jenis kristal yang dimiliki oleh zirkonia, diantaranya monoklinik yang stabil sampai suhu 1200 °C, tetragonal stabil sampai suhu 1900 °C dan kubik yang stabil sampai suhu 1900 °C. Pada fase jenis kristal tetragonal diketahui dapat stabil sampai suhu 650 °C. Faktor yang mempengaruhi dari sifat katalitik zirkonia tersulfatasi diantaranya, jenis prekursor yang dipakai, metode sintesisnya, sumber sulfur serta suhu (Lestari 2018).

Holm dan baily pada tahun 1962, menemukan gel zirkonia yang diolah dengan sulfat memperlihatkan kinerja katalitik lebih baik dari pada katalis yang

mengandung alumina platina atau klorida komersial. sedangkan pada tahun 1979 Arata *et al.* melaporkan bahwa penambahan zirkonia dengan asam sulfat ataupun ammonium sulfat, dapat memperlihatkan keasaman yang kuat dan dapat mengkatalisis isomerisasi *n*-butana menjadi isobutan dalam suhu kamar. Adapun yang dimaksud dengan keasaman Hammet ($-H_0$) merupakan bagian dari ciri kekuatan asam. Jika nilai fungsinya besar maka akan semakin kuat tingkat keasamannya. Asam sulfat murni memiliki nilai $-H_0$ sebesar 12, sedangkan nilai $-H_0$ untuk SZ sebesar 16 (Song and Sayari, 2012).

Porositas pada zirkonia tersulfat mempunyai pengaruh besar terhadap aktivitas katalis dan akan menghasilkan reaksi esterifikasi. Untuk membuat struktur yang berpori serta ukuran nanokristalin pada zirkonia tersulfatasi dilakukannya sintesis yang menggunakan template. Pembentukan kristal serta porositas pada zirkonia berpengaruh besar terhadap temperatur. Semakin tinggi temperatur yang digunakan selama proses maka akan menyebabkan sintering serta material porinya runtuh (Rachmat *et al.,* 2017).

2.5 Promotor

Promotor atau situs aktif merupakan penambahan pada katalis yang bertujuan untuk meningkatkan keasaman atau kinerja pada katalis. Umumnya promotor ditambahkan dengan jumlah yang kecil ketika pembuatan katalis. promotor juga memiliki peran penting salah satunya untuk mengendalikan stabilitas pada katalis. Penambahan sejumlah promotor diantaranya seperti Pt, Al, Ga, Fe, Mi dan Ni telah ditemukan untuk meningkatkan aktivitas dalam katalis. Menurut penelitian Gao dkk, penambahan Al ke dalam sistem SO_4/ZrO_2 yang mengarah ke katalis lebih aktif dan lebih stabil daripada zirkonia sulfat tanpa promotor (Canton *et al,* 2001). Logam golongan Al telah ditambahkan ke dalam sistem zirkonia sulfat yang bertujuan untuk meningkatkan stabititas aktivitas katalitik. Penambahan sejumlah Al ke dalam zirkonia tersulfat mesopori menghasilkan katalis lebih aktif daripada zirkonia tersulfat yang tidak berpromotor (Wang dan mou, 2005).

Al dan Ga merupakan kelompok yang termasuk dalam golongan yang sama dalam table periodik serta keduanya memperlihatkan efek promotor yang baik dalam katalis. Dalam aktivitas katalitik terdapat dua mekanisme promosi logam. Pertama, saat sifat keasaman yang dipromosikan Al sedikit lebih baik daripada Ga,

karena pada Al memberikan lebih banyak keasaman pada mesopori zirkonia tersulfat. Di satu sisi yang lainnya, kedua logam ini juga mempromosikan sifat redoks dalam zirkonia tersulfat. Ternyata Ga menjadi promotor yang lebih kuat dari properti zirkonia tersulfatasi dibandingkan promotor Al. Dalam isomerisasi butana secara tidak langsung promotor Ga pada mesopori zirkonia tersulfat memberikan aktivitas katalitik lebih baik daripada promotor Al pada mesopori zirkonia tersulfat (Hwang and Mou, 2009).

2.6 *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC)

Metoda HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) adalah suatu teknik kromatografi cair yang berasal dari kromatografi kolom klasik. HPLC memiliki bead yang sangat kecil dan memiliki tekanan yang tinggi. Pemakaian metoda HPLC telah berkembang dan banyak digunakan di laboratorium baik untuk analisis preparative ataupun analisis rutin. HPLC juga dapat digunakan pada suhu kamar, jadi jika ada senyawa yang tidak tahan panas bisa ditentukan dengan mudah dan bisa mengubah sifat gerak, dengan cara merubah komposisi dari fasa gerak yang akan digunakan (Nurhamida, 2005). Ciri dari teknik HPLC ialah untuk mengirim fase gerak ke dalam kolom dengan menggunakan tekanan tinggi. Pemberian tekanan tinggi dapat meningkatan laju dan efisiensi yang besar (Ardianingsih, 2019).

HPLC merupakan suatu metode yang memiliki sistem pemisahan zat yang cepat dan efisien yang disebakan adanya detector yang lebih sensitive serta peka terhadap kemajuan teknlogi pada pompa yang bertekanan tinggi. Keunggulan dari anaisis HPLC diantaranya waktu yang digunakan saat analisis reatif singkat, dapat menggunakan volume sampel sedikit, bisa menganalisis senyawa organik maupun anorganik dan kolom bisa dipakai kembali (Rosdiati dan Saleh, 2019).

2.7 Karakterisasi katalis Zirkonia Tersulfatasi

2.7.1 *X-Ray Diffraction* (XRD)

Metode analisa yang dapat digunakan sebagai identifikasi fasa kristal dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi atau mendapatkan ukuran partikel disebut sebagai analisis X-ray diffraction atau Difraksi sinar-X (XRD). XRD juga bisa memberikan data semi kuantitatif maupun data kualitatif pada

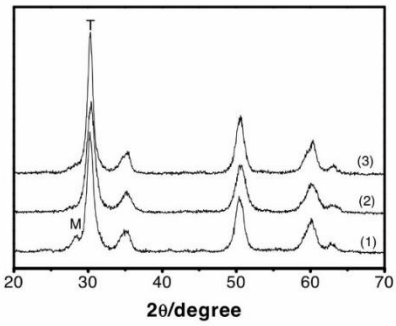
padatan. Penempatan komponen aktif pada logam ke dalam sistem pori pengemban bertujuan sebagai memperbanyak jumlah situs aktif. Diharapkan pada proses konversi, reaktan dan katalis akan semakin besar, sehingga reaksi dapat berjalan dengan cepat dan produk juga mudah terbentuk (Fatimah dan Utami, 2017).

Analisis XRD bertujuan untuk mengidentifikasi fase kristal dari katalis. semakin tinggi atau semakin sempit suatu peak maka menunjukkan sifat kristalinasi dari senyawa akan semakin besar. Begitupun sebaliknya, semakin rendah atau semakin lebar suatu peak maka senyawa yang akan ditunjukkan lebih bersifat amorf (Syamsuddin dan husin, 2010). Biasanya katalis memiliki bentuk padatan kristal seperti zeolit oksida logam ataupun logam yang berpenyangga. Saat analisa XRD pada kristal katalis, terjadi pantulan sinar-X yang dikirim dari sumber dan akan diterima oleh detektor. Lalu berdasarkan sudut sinar X yang datang, spektrum pantulannya akan langsung berhubungan dengan lattice spacing oleh kristal yang akan dianalisa. (Firdaus dkk, 2013).

Hukum Bragg merupakan dasar analisis XRD. Hukum ini memungkinkan untuk membuat perhitungan yang akurat dari hasil eksperimen dalam menentukan struktur kristal. θ adalah sudut antar bidang benda uji dan sumber sinar-X yang dikenal dengan sudut Bragg, sedangkan 2θ merupakan sudut antar proyeksi sinar-X dan detektor. Persamaan (1) dikenal sebagai persamaan Bragg

$$2d \sin \theta = n \lambda \quad (1)$$

Dimana λ menyatakan panjang gelombang pantulan sinar-X, sedangkan d menyatakan jarak antara atom dan θ menyatakan sudut fraksi (Sharma et al, 2012). Cao, *et al.*, pada tahun 2004 melakukan penelitian yang menggunakan karakterisasi XRD untuk sampel katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor alumunium dan gallium. Pola XRD pada Gambar 2 menunjukkan fase monoklinik dalam sampel zirkonia tersulfatasi bersama dengan fase tetragonal, namun untuk sampel zirkonia tersulfatasi promotor gallium dan allumunium, yang terdeteksi hanya fase tetragonal.



Gambar 2. Pola XRD dari (1) SZ, (2) GSZ-3 (3) ASZ-3 (T: fase tetragonal ; M: fase monoklinik)

2.7.2 *Gas Sorption Analyzer* (GSA)

Gas sorption analyzer (GSA) merupakan alat yang digunakan untuk pengukuran karakterisasi suatu bahan material seperti, luas permukaan, distribusi pori, jari – jari pori dan lainya. Karakterisasi dengan GSA terdapat syarat material nya ialah padatan berpori. Prinsip kerja pada alat ini menggunakan mekanisme adsorpsi gas pada permukaan bahan padat dengan berbagai tekanan dan suhu yang konstan (isotherm). Biasanya menggunakan gas helium untuk mikropori (< 20 A˚), atau nitrogen untuk mesopore (200-500 Aº) dan argon untuk makropori (> 500A˚).

Pada saat melakukan analisis, GSA hanya untuk mengukur volume gas yang diserap oleh pori atau permukaan padatan saat kondisi isotherm. Volume gas yang didapatkan berbagai tekanan tersebut diplot dengan grafik volume gas (v) vs. tekanan relative (P/P_0). Data yang diperoleh, akan diolah berbagai pilihan teori dan model perhitungan lalu dikembangkan para peneliti untuk diubah menjadi data permukaan, jari – jari pori ataupun volume pori. Untuk menghitung luas permukaan padatan bisa menggunakan BET (Sudarlin, 2012).

Brunauer Emmett Teller (BET) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur luas permukaan zat padat dari adsorpsi gas pada permukaan zat padat tersebut. Perbedaan tekanan disebabkan oleh gas yang teradsorpsi dimana akan membentuk lapisan pada permukaan sampel. Perbedaan inilah yang dapat diukur untuk representasi luas permukaan zat yang diadsorpsi oleh gas (Abdullah dkk, 2008). Uji *Brunauer Emmett Teller* (BET) surface area biasanya digunakan untuk pengujian terhadap volume porositas dan luas

permukaan serat spessifik. BET memiliki cara kerja melakukan penyerapan gas nitrogen oleh perumukaan serat pada kondisi isothermal atau vakum (Marsyahyo, 2009). Untuk menentukan luas permukaan spesifik dengan analisis BET dapat ditentukan dengan persamaan (2) : (Pakpahan et al., 2017).

$$S = \frac{Vm.N}{M} A \qquad (2)$$

Dengan :

S = Luas permukaan total (m^2/g)

Vm = Volume gas teradsorpsi (cm^3/g)

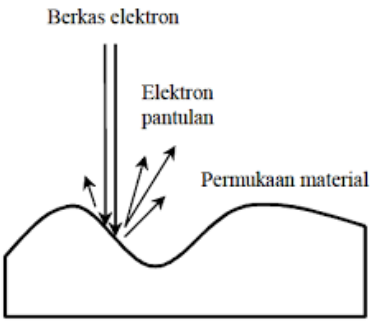
A = *Cross sectional* ($16{,}2\times10^{-20}$ m^2)

N = Bilangan Avogadro ($6{,}022 \times 10^{23}$ mol^{-1})

Mr = Massa molekul gas adsorbat (g/mol)

2.7.3 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elekron untuk menggambar profil pada permukaan benda. SEM memiliki prinsip kerja seperti yang diilustrasikan pada gambar 3. yaitu menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron yang berenergi tinggi menunjukan permukaan benda yang mengenai pada berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut dan menghasilkan electron sekunder ke segala arah. Namun ada satu arah dimana berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat dalam SEM akan mendeteksi elektron yang dipantulkan serta menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut akan memberikan informasi profil pada permukaan benda misalnya seberapa landai atau kemana arah kemiringan.



Gambar 3. Berkas elektron SEM

Gambar 3 dalam SEM terdapat berkas elektron berenergi tinggi mengenai permukaan material. Kemudian elektron pantulan dan elektron sekunder dipancarkan kembali dengan sudut yang bergantung pada profil permukaan material. SEM mempunyai resolusi yang lebih tinggi dibandingkan mikroskop optic. Hal ini dikarenakan adanya panjang gelombang de Broglie memiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Semakin kecil Panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskopnya. Panjang gelombang elektron de Broglie ditunjukkan pada persamaan (3) yaitu

$$\lambda = h / p \tag{3}$$

dimana h menyatakan konstanta plank, serta p menyatakan momentum elektron. Pada momentum elektron bisa ditentukan dari energi kinetik melalui hubungan dengan persaman (4)

$$K = p^2 / 2m \tag{4}$$

Dimana K ialah energi kinetic elektron sedangkan m ialah massanya (Abdullah dan Khairruijillah, 2009).

2.7.4 Keasaman padatan

Analisis keasaman digunakan untuk mengetahui keasaman dari suatu katalis yang telah dibuat. Analisis keasaman biasanya menggunakan metode secara gravimetri yaitu mengukur berdasrkan ammonia yang teradsorpsi. Pada dasarnya gas ammonia akan menempati situs – situs asam Lewis ataupu Bronsted. Menurut Bronsted keasaman suatu katalis ialah kemampuan katalis untuk memberikan proton, sedangkan keasaman suatu katalis menurut lewis ialah untuk menerima pasangan elektron yang didapatkan dari molekul basa sehingga bisa terikat pada permukaan katalis secara kimia (Windarti dan Suseo, 2004). Perhitungan keasaman dilakukan dengan rumus persamaan (5) : (Rachmat dkk, 2017)

$$A = \frac{Wa}{Wc \times Ma} \times 1000\left(\frac{mmol}{g}\right) \tag{5}$$

Dimana:

A = keasaman

Wa = berat ammonia yang teradsorpsi (g)

Wc = berat katalis

Ma = berat molekul ammonia (g/mol)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan November 2020 sampai dengan 28 Agustus 2021, bertempat di Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya di Indralaya. Untuk pengukuran XRD (*X-Ray Diffraction*) di laboratorium Fisika Jurusan Fisika Universitas Sriwijaya, Pengukuran *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) di laboratorium terpadu Universitas Diponegoro, Pengukuran *Brunauer Emmett Teller (BET)* di laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang dan Pengukuran *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) di laboratorium terpadu Universitas Diponegoro.

3.2 Alat dan bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa *teflon-lined autoclave*, oven, seperangkat alas gelas, *hotplate*, pengaduk magnetik, pipet tetes, labu leher tiga. Alat analisis yang akan digunakan, XRD (Rigaku miniflex 600), *Gas Sorption Analyzer* (GSA NOVA 1200e), SEM-EDS (Jeol JSM 6510 La) desikator dan HPLC (Shimadzu Lab Solutions).

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi selobiosa, *cetyltrimethyl ammonium bromide* (CTAB), akuades, asam klorida (HCl) 37%, zirkonil klorida oktahidrat ($ZrOCl_2.8H_2O$), ammoniak (NH_3), ammonium sulfat ($(NH_4)_2SO_4$), gallium sulfat ($Ga_2(SO_4)_3$) dan $AgNO_3$

3.3 Prosedur penelitian

3.3.1 Sintesis Zirkonia Tersulfatasi (SZ)

Sebanyak 8,74 gr *cetyltrimethyl ammonium bromide* (CTAB) dilarutkan dalam larutan 402 ml akuades dan 80 mL HCl 37% , selanjutnya ditambah 26,136 gr $ZrOCl_2.8H_2O$ dan diaduk pada suhu 50°C selama 5 jam. Kemudian ditetesi amoniak selama 2 jam dan terbentuk gel produk hidrolisis $ZrOCl_2.8H_2O$. Selanjutnya gel tersebut dipindahkan ke dalam *teflon-lined autoclave* dan

dipanaskan pada temperatur 100°C selama 24 jam. Selanjutnya gel dicuci dan disaring hingga bebas dari ion Cl^-, hal ini ditunjukkan dengan uji negatif filtrat dengan $AgNO_3$ yaitu tidak terbentuk endapan putih. kemudian gel zirkonium hidroksida selanjutnya direndam dalam larutan $(NH_4)_2SO_4$ 0,5 M selama 25 menit, kemudian dikeringkan dalam oven 100 °C selama 24 jam. Selanjutnya dikalsinasi pada suhu 600 °C selama 20 jam dan terbentuk zirkonium tersulfatasi, kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, SEM-EDS dan GSA serta uji keasaman.

3.3.2 Sintesis katalis zirkonia Tersulfatasi dengan Promotor Ga_2O_3

Diambil $Ga_2(SO_4)_3$ variasi 2 % sebanyak 0,427 g, 5% sebanyak 0,855 g dan 10% sebanyak 2,138 g selanjutnya dilarutkan dengan akuades masing-masing 4 mL, kemudian diteteskan pada 10 gr zirkonium hidroksida sebelum kalsinasi selanjutnya diaduk 5 jam dan dikeringkan dalam oven 100°C selama 1 malam kemudian dikalsinasi pada 600°C selama 20 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDS dan GSA serta uji keasaman.

3.3.3 Hidrolisis selobiosa

3.3.3.1 Hidrolisis selobiosa dengan katalis zirconia tersulfatasi tanpa promotor

Hidrolisis selobiosa dilakukan dengan menggunakan *Teflon-line autoclave*. Ke dalam wadah Teflon-line ditambahkan 0,2 g selobiosa, 0,1 g katalis zirkonia tersulfatasi tanpa promotor dan 20 mL H_2O. Hidrolisis selobiosa dilakukan selama 120 menit pada temperatur 160°C dan 175°C. Prosedur hidrolisis diulangi untuk variasi waktu reaksi selama 60, 90 dan 120 menit pada suhu 160° dan 175°C. Analisis hasil hidrolisis selobiosa dilakukan dengan menggunakan HPLC.

3.3.3.2. Hidrolisis selobiosa dengan katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium variasi 2%, 5% dan 10%

Hidrolisis selobiosa dilakukan dengan menggunakan *Teflon-line autoclave*. Kedalam wadah Teflon-line ditambahkan 0,2 g selobiosa, 0,1 g katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor variasi 2%, 5% dan 10% dan 20 mL H_2O. Hidrolisis selobiosa dilakukan selama 120 menit pada temperatur yang divariasikan 160°C dan 175°C. Prosedur hidrolisis diulangi untuk variasi waktu reaksi selama

60, 90 dan 120 menit pada suhu 160° dan 175°C. Analisis hasil hidrolisis selobiosa dilakukan dengan menggunakan HPLC.

3.3.4 Analisis *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC)

Analisa *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) digunakan untuk menganalisis glukosa hasil dari hidrolisis. Analisa HPLC ini dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro dengan kondisi sebagai berikut:

1. Instrument : Shimadzu
2. Kolom : kinerja kromolit NH_2 (100 mm × 4,6 mm)
3. Laju alir : 0,9ml/menit
4. Suhu kolom : 30°
5. Dektektor : RID
6. Volume injeksi: 20 µl
7. Waktu : 10 min

3.3.5 Analisis Data Karakterisasi katalis

3.3.5.1 X-ray diffraction (XRD)

Analisa sifat kristalinitas zirkonia tersulfatasi dilakukan dengan XRD melalui teknik *Wide Angle X-Ray Scattering* (WAXS). Sumber radiasi monokromatik yang digunakan adalah Cu-Kα (λ=1,54056Å). Sampel uji XRD berupa serbuk dengan ukuran kurang dari 10 mikron. Hasil analisa yang didapatkan adalah grafik 2θ vs intensitas. Sifat kristalin dan fasa kristal yang terbentuk akan teramati dari pola puncak difraktogram dengan merujuk pada JCPDS No. 80-0965 untuk tetragonal

3.3.5.2 *Gas sorption analyzer* (GSA)

Proses analisa dengan GSA dilakukan pada kondisi *isotherm,* yaitu pada berbagai variasi tekanan dan suhu konstan. Variasi tekanan disetup relatif terhadap tekanan standar, yaitu (P/Po) melalui computer control sebelum proses analisa dimulai. Besarnya (P/Po) berkisar antara 0.05 hingga 0.995. Sampel sel yang berisi bahan uji yang akan dianalisis (telah didegassing) dihubungkan dengan port gas pada alat analyzer GSA. Nitrogen cair pada suhu 77.035 K (jika menggunakan gas N2) dituang ke dalam thermostat yang secara otomatis akan merendam sampel sel,

sehingga proses analisa akan berlangsung pada suhu konstan, yaitu 77.035 K. Pada saat proses analisa berlangsung, gas nitrogen akan dialirkan melalui port gas ke dalam tabung sampel sesuai dengan tekanan yang telah disetup sebelumnya. Semakin tinggi tekanannya, maka semakin banyak pula gas nitrogen yang akan diadsopsi oleh padatan. Hubungan keduanya akan diplot secara otomatif oleh software pada computer sebagai grafik v vs P/P0.

3.3.5.3 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Sampel diletakkan dan ditempel di atas SEM specimen holder dengan menggunakan carbon double tipe dengan bagian penampang lintang (cross section) mengarah vertikal ke atas atau lensa obyektif agar susunan lapisan matriks bahan dengan lapisan oksida terlihat dengan jelas. Ruang sampel divakum hingga 10^{-6} torr untuk menjamin bahwa kolom SEM bebas dari molekul udara. SEM dioperasikan dengan standar parameter operasi sebagai berikut:

High Voltage : 20 kV
Spot Size : 50
Work Distance (WD) : 10 mm

3.3.5.4 Uji Keasaman

Zirkonia tersulfatasi dan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke dalam cawan krus yang telah diketahui beratnya. Kemudian dipanaskan menggunakan oven pada temperatur 110ºC selama 1 jam. Katalis zirkonia tersulfatasi dan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium didinginkan dalam desikator pada temperatur kamar. Kemudian cawan krus ditimbang kembali untuk mengetahui berat katalis zirkonia tersulfatasi dan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium tanpa air. Cawan krus yang berisi katalis zirkonia tersulfatasi dan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium diletakkan didalam desikator yang dilengkapi keran dan lubang pada tutupnya, lalu desikator tersebut divakum dan dialiri 5 mL gas amonia sampai jenuh dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, katalis ditimbang dan dihitung amonia yang terserap oleh katalis zirkonia tersulfatasi dan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium

oksida (Mara et al., 2016). Perhitungan keasaman dilakukan dengan rumus : (Rachmat dkk, 2017)

$$A = \frac{Wa}{Wc \times Ma} \times 1000\left(\frac{mmol}{g}\right) \quad (2.3)$$

Dimana :

A = keasaman

Wa = berat ammonia yang teradsorpsi (g)

Wc = berat katalis

Ma = berat molekul ammonia

.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Zirkonia tersulfatasi dengan dan tanpa promotor gallium

Katalis yang digunakan dalam penelitian ini mula-mula disintesis dalam bentuk zirkonia yang disulfatasi dengan ammonium sulfat, kemudian material ini dimpregnasikan dengan promotor gallium yang divariaskan terhadap Zirkonia Tersulfatasi (SZ) sebesar 2% (GSZ-2), 5% (GSZ-5) dan 10% (GSZ-10). Reaksi kimia yang terjadi seperti pada tahapan reaksi berikut :

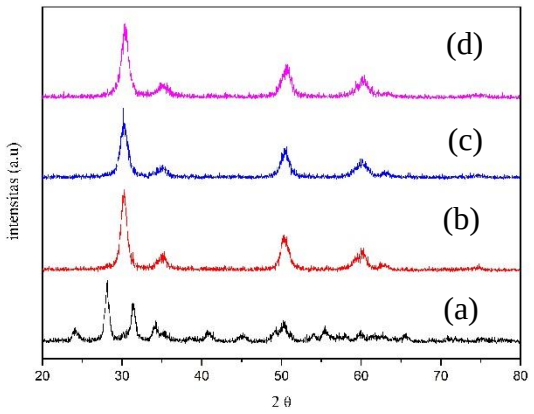
$ZrOCl_2 + 2OH^- \rightarrow Zr(OH)_2 + 2Cl^-$

$ZrO(OH)_2 \rightarrow ZrO_2 + H_2O$

Berat katalis yang diperoleh dari hasil sintesis rata-rata 7,4 gram. Hasil sintesis zirkonia tersulfatasi tanpa promotor dan zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium berupa padatan serbuk putih yang berbentuk kristal. Selanjutnya hasil sintesis tersebut dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD, SEM, GSA serta uji keasaman.

4.1.1 Hasil karakterisasi Zirkonia Tersulfatasi (SZ), GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan *X-ray diffraction* (XRD)

Karakterisasi XRD pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi fase kristal dari suatu katalis. semakin tinggi dan sempit suatu puncak maka menunjukan sifat kristalinitas dari senyawa semakin besar, lalu sebaliknya semakin rendah dan lebar suatu peak, maka senyawa tersebut menujukkan lebih bersifat amorf (Syamsuddin dan Husin, 2010).



Gambar 4. Difraktogram katalis (a) SZ (b) GSZ-2 (c) GSZ-5 (d) GSZ-10

Karakterisasi katalis dengan XRD disajikan pada Gambar 4. Gambar 4(a) merupakan difraktogram katalis zirkonia tersulfatasi (tanpa promotor) dimana diperoleh puncak yang berada pada sudut 28,10° dan 31,41°. Sudut tersebut menunjukkan sturuktur katalis zirkonia tersulfatasi berupa fase monoklinik, karena sesuai dengan JCPDS 37-1484 pada sudut 2θ yang memiliki nilai 24.14° , 24.55° , 28.27° , 31.56° , 34.25° , 35.41° , 40.84° , 49.35° , 50.23° , 54.14° dan 55.47°. Gambar 4(b) 4(c) dan 4 (d) menunjukkan difraktogran katalis zirkonia tersulftasi promotor gallium 2%, 5% dan 10%. Gambar 4(b) merupakan difraktogram dari GSZ-2 dimana diperoleh puncak difraksi pada sudut 30.22° dan 50.15°, sedangkan Gambar 4(c) merupakan difraktogram GSZ-5 dengan puncak difraksi berada pada sudut 30.21° dan 50,39° . Difraktogram GSZ-10 ditujukkan oleh Gambar 4(d) dimana diperoleh puncak difraksi berada pada sudut 30,37°dan 50,55°. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa katalis tersebut berada pada fase tetragonal, karena sesuai dengan JCPDS No. 17-923 dimana pada sudut 30,2° dan 50,6° berupa fase tetragonal (Putri, 2021). Penambahan promotor gallium dapat memperlambat perubahan dari fase tetragonal ke fase monoklinik. Fase tetragonal memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan fase monoklinik (Cao et al., 2004).

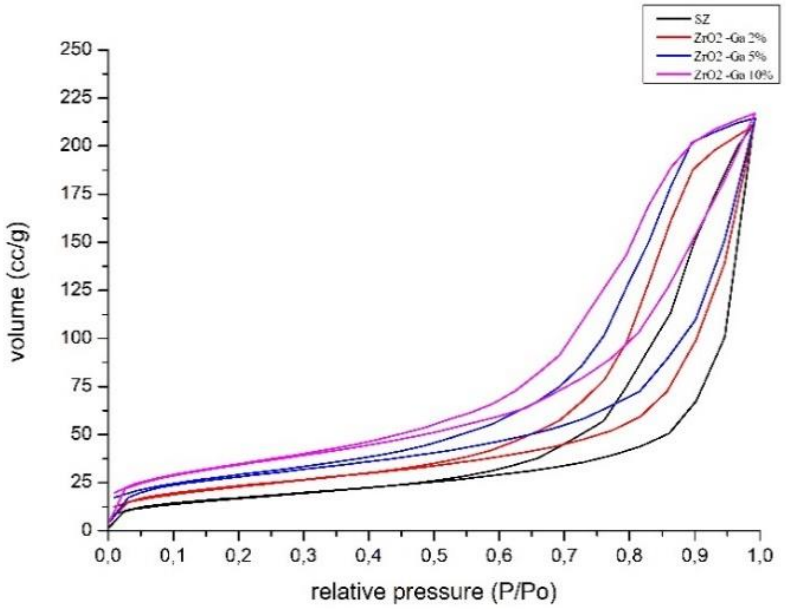
4.1.2 Karakterisasi katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 Gas sorption analyzer (GSA) dengan metode *Brunauer Emmett Teller* (BET)

Karakterisasi menggunakan analisis *Gas sorption analyzer* GSA pada katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 bertujuan untuk mengetahui luas permukaan katalis. Dalam karakterisasi luas permukaan ini digunakan metode BET, dimana metode ini bertujuan untuk mengetahui distribusi volume dan ukuran pori terhadap bahan yang akan disintesis dari pola adsorbsi dan desorpsi. Hasil grafik isotherm yang didapat, ditunjukkan pada Gambar 5.

Grafik isoterm tersebut menyerupai isoterm tipe IV dengan loop histeresis tipe H2 berdasarkan klasifikasi IUPAC. Loop histeresis dikaitkan dengan kondensasi kapiler yang terjadi dimesopori yang menandakan adanya struktur mesopori dalam zirkonia sulfat yang dikalsinasi (Deshmane and Adewuyi, 2013).

Berdasarkan Gambar 5 grafik adsorpsi dapat ditentukan luas permukaan katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10. Semakin tinggi kurva, semakin banyak yang teradsorp maka semakin luas permukaannya. Data luas permukaan, volume

pori dan diameter pori dapat diihat pada Tabel 2. Katalis GSZ-10 memiliki luas permukaan yang paling besar diantara katalis SZ, GSZ-2 dan GSZ-5 hal ini dikarenakan adanya katalis yang mempunyai efek promotor lebih besar diantara yang lain. Umumnya katalis yang memiliki luas permukaan besar akan memiliki aktivitas katalatik yang lebih tinggi.(Sun et al., 2005). Luas permukaan pori dihitung menggunakan BET multipoint. sedangakan pengukuran BJH digunakan untuk volume pori dan jari-jari pori (Rachmat *et al*,2017).



Gambar 5. Grafik isoterm dari katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

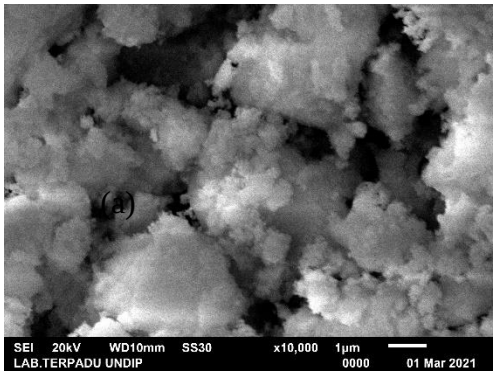
Tabel 1. Luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori.

Katalis	Luas permukaan (m^2/g)	Volume pori (cc/ g)	Jari-Jari pori (Å)
SZ	62,507	0,345	48,126
GSZ-2	83,888	0,344	56,947
GSZ-5	100,628	0,347	48,234
GSZ-10	123,233	0,346	36,697

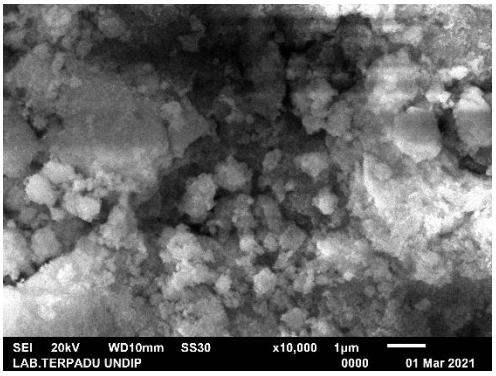
4.1.3 Hasil dari karakterisasi SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Karakterisasi menggunakan SEM-EDS pada katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 digunakan untuk melihat morfologi permukaan dan komposisi dari katalis. Gambar 6 memperlihatkan morfologi permukaan dari SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-

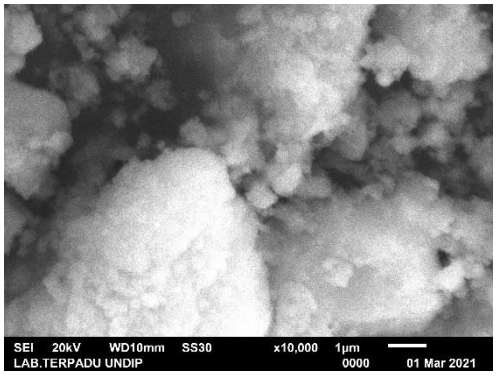
10. Gambar 6 (a) merupakan morfologi permukaan dari katalis zirkonia tersulfatasi (SZ) dari Gambar 6 (a) tersebut terlihat permukaannya sedikit halus dan terdapat lubang kecil berwarna hitam yang menunjukkan pori-pori berukuran kecil. Morfologi permukaan GSZ-2 pada Gambar 6 (b) yang memperlihatkan permukaan yang tidak rata. Morfologi permukaan GSZ-5 ditunjukkan pada Gambar 6 (c) dimana terdapat gumpalan yang besar tetapi permukaannya halus. Sedangkan morfologi permukaan GSZ-10 ditunjukkan pada Gambar 6 (d) dimana mempunyai permukaan yang rapat. Perbedaan bentuk morfologi permukaan dari katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 memperlihatkan bahwa ukuran-ukuran partikel masih sangat beragam dan terdapat aglomerasi setelah dilakukannya kalsinasi pada masing- masing katalis.



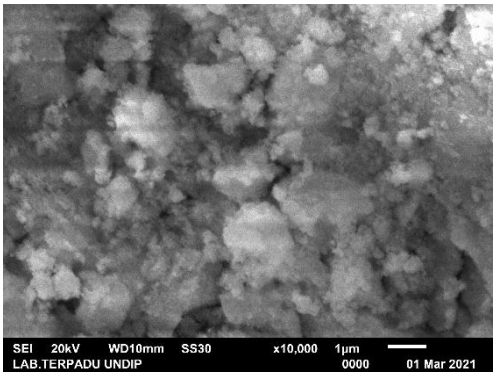
(a) SZ



(b) GSZ-2



(c) GSZ-5



(d) GSZ-10

Gambar 6. Morfologi permukaan (a) SZ, (b) GSZ-2 (c) GSZ-5 (d) GSZ-10

Hasil analisa unsur dari katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan menggunakan EDS disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 tersebut terlihat bahwa pada zirkonia tersulfatasi (SZ) tidak terkandung unsur gallium sedangkan ketika katalis GSZ-2 ditambahkan promotor gallium sebesar 2% terdapat unsur gallium sebesar 6,69. Untuk katalis SZ yang telah ditambahkan promotor gallium sebesar 5% terdapat unsur gallium sebesar 7,10 dan untuk katalis yang telah ditambahkan promotor gallium sebesar 10% terdapat unsur gallium sebesar 8,66. Promotor gallium dapat dikatakan berhasil diimpregnasikan ke dalam katalis GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 karena pada Tabel 2 menunjukkan adanya unsur Ga (Putri, 2021).

Tabel 2. Data EDS unsur-unsur penyusun dari katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

Elements %	SZ	GSZ-2	GSZ-5	GSZ-10
C	16,09	13,14	17,14	17,95
O	0	0	0	0
Al	0	0	1,02	0,54
Si	1,19	0	0	0
Cu	0	0	3,68	0
Zn	0	0	3,20	0
Ga	0	6,69	7,10	8,66
Zr	82,72	80,17	67,76	72,85

4.1.4 Analisis Keasaman katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan gas amonia

Analisis keasaman katalis zirkonia tersulfatasi dengan dan tanpa promotor menggunakan gas ammonia bertujuan untuk melihat banyaknya situs asam dari katalis tersebut. Hasil penentuan uji keasaman disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3. menunjukkan bahwa keasaman dari katalis zirkonia tersulfatasi memiliki nilai keasaman sebesar $5,8 \times 10^{-5}$ mol g^{-1} , sedangkan katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium 2% memiliki nilai kesaman yaitu sebesar $6,10 \times 10^{-4}$ mol g^{-1}. Begitu pula dengan katalis zirconia tersulfatasi penambahan promotor gallium 5% dengan nilai keasaman sebesar $7,51 \times 10^{-4}$ mol g^{-1} sedangakan jika katalis zirkonia dengan promotor gallium 10% memiliki nilai keasaman sebesar $1,867 \times 10^{-3}$ mol g^{-1}. Dari Tabel 3 tersebut menunjukkan peningkatan nilai keasaman dari katalis zirkonia tersulfatasi dengan penambahan promotor gallium. Hal ini dikarenakan logam aktif gallium yang terdapat pada katalis zirkonia tersulfatasi bisa

memodifikasikan keasaman katalis dalam keadaan tertentu, seperti dalam katalis zirkonia tersulfatasi Zr^{+} berperan sebagai akspetor electron sedangkan SO_4^{2-} berperan sebagai pendonor electron (Putri,2021).

Tabel 3. Analisis keasaman SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

Katalis	Keasaman total (mol g^{-1})
SZ	$5,8 \times 10^{-5}$
GSZ-2	$6,10 \times 10^{-4}$
GSZ-5	$7,10 \times 10^{-4}$
GSZ-10	$1,867 \times 10^{-3}$

4.2 Hidrolisis Selobiosa dengan katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

Hidrolisis selobiosa telah digunakan sebagai model reaksi untuk degradasi selulosa menjadi glukosa dalam beberapa penelitian. Mekanisme hidrolisis asam yang sama telah diusulkan untuk selulosa dan selobiosa karena kedua gula memiliki energi aktivasi yang serupa (Pena, et al 2011). Proses hidrolisis selobiosa dengan katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dilakukan dengan variasi waktu dan temperatur. *Standart* yang digunakan pada analisis HPLC, terdapat di Lampiran 5.

Penambahan gallium bertujuan untuk meningkatkan jumlah situs asam dan juga untuk mengubah keseimbangan jenis keasaman permukaan (Hwang and Mou, 2009). Semakin banyak jumlah promotor gallium yang digunakan maka, akan semakin menigkat pula keasamaan pada zirkonia tersulfatasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi konsentrasi glukosa pada saat hidrolisis ialah waktu. Namun faktor ini juga tidak memiliki patokan yang tetap, karena hasil yang didapat juga bisa berbeda-beda tergantung keadaan sampel. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan para peneliti, semakin lama waktu hidrolisis maka konsentrasi glukosa yang dihasilkan akan semakin tinggi (Fitriyanti, dkk 2019).

Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa pengaruh waktu dan temperatur terhadap selobiosa dengan katalis zirkonia tersulfatasi dengan dan tanpa promotor secara keseluruhan mengalami peningkatan. Hasil mereka meningkat secara bertahap dalam 90 menit pertama, dan kemudian menurun ketika waktu reaksi diperpanjang lebih lanjut (Wang et. al, 2016). Kadar glukosa yang tinggi diperoleh pada hidrolisis selobiosa dengan katalis zirkonia tanpa promotor didapatkan pada

waktu 120 menit dengan suhu 175 °C yaitu sebesar 4,367. Sedangkan pada selobiosa dengan katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium, kadar glukosa paling tinggi didapatkan pada GSZ-10 pada waktu 90 menit dengan suhu 175 °C yaitu sebesar 4,335. Dari lampiran 5 menunjukkan waktu retensi dari puncak yang muncul masing-masing relative berbeda. Hal ini terjadi kemungkinan adanya faktor dari temperatur kolom serta konsentrasi pelarut yang digunakan berbeda.

Tabel 4. Hasil hidrolisis selobiosa dengan katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

Sampel	Lama reaksi (menit)	Konsentrasi Glukosa (%)	
		160°	175°
SZ	60	1,379	4,163
	90	1,401	4,146
	120	1,407	4,367
GSZ-2	60	1,428	1,375
	90	1,369	1,441
	120	1,330	1,461
GSZ-5	60	1,256	1,396
	90	1,552	1,343
	120	1,451	1,465
GSZ-10	60	1,414	3,978
	90	1,250	4,335
	120	1,446	4,197

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Penambahan promotor gallium pada katalis zirkonia tersulfatasi memiliki keasaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis tanpa promotor. Katalis GSZ-10 memiliki keasaman yang tinggi diantara lainnya yaitu sebesar $1{,}867 \times 10^{-3}$
2. Selobiosa dapat menghasilkan glukosa dalam proses hidrolisis menggunkana katalis zirkonia tersulfatasi.
3. Semakin lama waktu reaksi hidrolisis maka kosentrasi glukosa semakin meningkat, namun konsentrasi glukosa juga dapat menurun ketika waktu reaksi diperpanjang. Secara keseluruhan hidrolisis selobiosa dengan katalis GSZ-10 waktu 120 menit dan temperature 175°C memiliki konsentrasi glukosa lebih besar.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui reaksi kondisi optimum hidrolisis selobiosa menggunakan katalis berpromotor gallium.
2. Perlu dilakukan lebih lanjut hidrolisis selobiosa dengan katalis dan promotor yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. & Khairurrijal, (2009). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosain & Nanoteknologi*. 2(1),1-9.

Amma, A., Mahatmanti, F. W., & Widiarti, N. (2018). Perbedaan Aktivitas Katalitik S-ZrO_2, S-ZA dan S-ZrO_2/ZA dalam Reaksi Esterifikasi Minyak Jelantah. *Indonesian Journal of Chemical Science Esterifikasi Minyak Jelantah*. *7*(3). 289–291

Anindyawati, T. (2010). Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik. *Berita Selulosa*, *45*(2), 70–77.

Anggoro, D. D., Purwanto, & Rispiandi. (2014). Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa Dengan Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi. *REAKTOR, 15(*2), 126-131.

Augustine, R. L. (1996). *Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemist*. Marcell Dekker Inc., New York.

Ardianingsih, R. (2009). Penggunaan High Performce Liquid Chromatography (Hplc) dalam Proses Analisa Deteksi Ion. *Berita Dirgantara*, *10*, 101–104.

Artati, K. E., Wulandari, F., & Sukma, N. R. (2013). Pengaruh Konsentrasi Katalis Asam dan Kecepatan Pengadukan pada Hidrolisis Selulosa dari Ampas Batang Sorgum Manis. *Ekuilibrium*, *12*(1), 17– 22.

Berrones, R., Camas, K., Pérez, Y., Ramírez, E., Pérez, A., Eapen, D., & Sebastian, P. J. (2014). Synthesis and Performance Of Sulfated Zirconia Catalyst in Esterification of Oleic Acid. *Journal of New Materials for Electrochemical Systems*, *17*(2), 99–104.

Cao, C. J., Yu, X,Z., Chen, C.L., Xu, N. P., Wang, Y. R., & Mou, C. Y. (2004). Comparison Of the Promoting Effects Of Gallium and Aluminium On the n-Butane Isomerization Activity Of Sulfated Zirkonia. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 83(1), 85-92.

Canton, P., Olindo, R., Pinna, F., Strukul, G., Riello, P., Meneghetti, M., Cerrato, G., Morterra, C., & Benedetti, A. (2001). Alumina-Promoted Sulfated Zirconia System: Structure and Microstructure Characterization. *Chemistry of Materials*, *13*(5), 1634–1641.

Devitria, R., & Sepriyani, H. (2018). Optimalisasi Konsentrasi Asam Klorida pada Proses Hidrolisis Limbah Ampas Sagu (Metroxylon, sp) Terhadap Kadar Glukosa. *Jurnal Analisis Kesehatan Klinikal Sains*, *6*(2), 37–42.

Degrimenci, V., Uner, D., Cinclar, B., Shanks, H. B., Yilmaz, A., Santen, R. A., & Hensen, E. J. M. (2011). Sulfated Zirconia Modified SBA-15 Catalytsts for Cellobiose Hydrolysis. *Catalysis Letters*, *141*(1), 33-42.

Deshmane, G. P., & Adewuyi, G. Y. (2013). Mesoporous Nanocrystalline Sulfated Zirconia Synthesis and its Application for FFA Esterification in Oils. *Applied Catalysis A: General*, 462(463), 196-206.

El-Dafrawy, S. M., Farag, M., El Hakam, S. A., & Hassan, S. M. (2017). Structural and Catalytic Properties of Sulphated Zirconia Doped by Zn Oxide. *Egyptian Journal of Chemistry*, *60*(2),

Fatimah, N., & Utami, B. (2017). Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya*, *1*(1), 35–39.

Firdaus, L. H., Wicaksono, A. R., & Widayat. (2013). Pembuatan Katalis H-Zeolit dengan Impregnasi KI/KIO3 dan Uji Kinerja Katalis untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, *2*(2), 148–154.

Furuta, S., Matsuhashi, H., & Arata, K. (2004). Catalytic Action of Sulfated Tin Oxide for Etherification and Esterification in Comparison with Sulfated Zirconia. *Applied Catalysis A: General*, *269*(1–2), 187–191.

Fitriyanti, Komalasari, Muria, R. S. (2019). Hidrolisis Daun Sawit dengan Menggunakan Katalis H_3PO_4-H_2SO_4. *Jom FTEKNIK*, 6(2), 1-6.

Garg, Shelu, Kapil Soni, G. Muthu Kumaran, Rajaram Bal, Kinga Gora-Marek, J. K. Gupta, L. D. Sharma, and G. Murali Dhar. (2009). Acidity and Catalytic Activities of Sulfated Zirconia inside SBA-15." *Catalysis Today* 141(1–2):125–29.

Haryanti, Norsamsi, Sholihah. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi* 3(2):20–26.

Helwani, Z., Othman, M. R., Aziz, N., Kim, J., & Fernando, W. J. N. (2009). Solid Heterogeneous Catalysts for Transesterification of Triglycerides with Methanol: A Review. *Applied Catalysis A: General*, *363*(1–2), 1–10.

Hidayat, M. R. (2013). Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa dalam Proses Produksi Bioetanol. *Biopropal Industri*, *4*(1), 33–48.

Hwang, C. C., & Mou, C. Y. (2009). Comparison of the Promotion Effects on Sulfated Mesoporous Zirconia Catalysts Achieved by Alumina and Gallium. *Applied Catalysis A: General*, *365*(2), 173–179.

Jayus, J., Nafi, A., & Shabrina Hanifa, A. (2019). Degradasi Komponen Selulosa, Hemiselulosa, dan Pati Tepung Kulit Ubi Kayu Menjadi Gula Reduksi oleh Aspergillus Niger, Trichoderma Viride, dan Acremonium Sp. *Jurnal Agroteknologi*, *13*(01), 35-41.

Jiang, Y., Li, X., Cao, Q., & Mu, X. (2011). Acid Functionalized, Highly Dispersed Carbonaceous Spheres: An Effective Solid Acid for Hydrolysis of Polysaccharides. *Journal of Nanoparticle Research*, *13*(2), 463–469.

Kristiani, A., Sembiring, K. C., Abimanyu, H., & Aulia, F. (2013). Hidrolisis Lignoselulosa Pelepah dan Tandan Kosong. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia* *15*(2), 74–77.

Kriswiyanti, E. (2013). Pengaruh Konsentrasi Katalis Asam dan Kecepatan Pengadukan pada Hidrolisis Selulosa dari Ampas Batang Sorgum Manis.

Ekuilibium, *12*(1), 17–22.

Lestari, M. F. (2018). Studi Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Sintesis Katalis Asam Heterogen Zirkonia Tersulfatasi (SO4/ZrO2) dari Jenis Prekursor Zirkonium Oksida (ZrO2). *Indonesian Journal of Fundamental Sciences (IJFS)*, *4*(2), 161–169.

Mara, A., Wijaya, K., Trisunaryati, W., & Mudasir. (2016). Effect of Sulfuric Acid Concentration of Bentonite and Calcination Time of Pillared Bentonite. *AIP Conference Proceedings*, *1725*(April 2016).

Morales-delaRosa, S., Campos-Martin, J. M., & Fierro, J. L. G. (2018). Chemical Hydrolysis of Cellulose Into Fermentable Sugars Through Ionic Liquids and Antisolvent Pretreatments Using Heterogeneous Catalysts. *Catalysis Today*, *302*(November 2016), 87–93.

Muhaimin. (2018). Pengaruh Suhu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan dari Serat Daun Nanas. *Al Kimia*, *6*(1), 1–9.

Nauli,T. (2014). Penentuan Sisi Aktif Selulase Aspergillus Niger dengan Docking Ligan. *JKTI*, 16(02), 94–100.

Nurhamidah. (2005). Penentuan Kondisi Optimum Hplc untuk Pemisahan Residu Pestisida Imidakloprid, Profenofos dan Deltametrin pada Cabai (Capsicum Annum. *Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, *7*(2), 87–93.

Pakpahan, Jennifer Kapriati, Pulung Karo Karo, and Bambang Joko Suroto. (2017). "Studi Luas Permukaan Spesifik Zeolit Akibat Pengaruh Mikrostruktur dan Potensinya sebagai Elektrode Superkapasitor." *Jurnal Teori Dan Apikasi Fisika* 5(1):19–2

Peña, L., M. Ikenberry, B. Ware, K. L. Hohn, D. Boyle, X. S. Sun, and D. Wang. (2011). "Cellobiose Hydrolysis Using Acid-Functionalized Nanoparticles." *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 16(6):1214–22.

Putri, A. Z. (2021). Sintesis Zirkonia Tersulfatasi dengan Promotor Ga_2O_3 dan Aplikasinya Pada Esterifikasi Asam Laurata. *Skripsi*. Indralaya : Universitas Sriwijaya.

Praputri, Erti, Elmi Sundari, F. Firdaus, and S. Sofyan. (2018). Penggunaan Katalis Homogen dan Heterogen pada Proses Hidrolisis Pati Umbi Singkong Karet Menjadi Glukosa. *Jurnal Litbang Industri*, *8(2)*, 105–10.

Pramana, A., Razak, R. A., & Prismawiryanti. (2016). Hidrolisis Selulolosa dari Sekam Padi (*Oryza sativa*) Menjadi Glukosa dengan Katalis Arang Tersulfonasi. *KOVALEN*, *2*(3), 61-66.

Rachmat, A., Trisunaryanti, W., Sutarno, & Wijaya, K. (2017). Synthesis And Characterization of Sulfated Zirconia Mesopore and Its Application on Lauric Acid Esterification. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, *6*(3), 1-9.

Rahmawati, D. A., Intaningrum, D., & Istadi, I. (2013). Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Heterogen SO42- - ZnO dan SO42-/ZnO dengan Metode Kopresipitasi dan Impregnasi untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Kedelai. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, *2*(4), 243–252.

Rizkiansyah, Raden Reza, Mardiyati & Steven. (2015). Pengaruh Konsentrasi Hidrolisis Asam Sulfat Terhadap Sifat Mekanik Plastik, Selulosa Teregenerasi, dari Kapas, and Limbah dengan. *Jurnal Sains Materi Indonesia, 19(3)*, 105–12.

Riswiyanto. (2010). *Kimia Organik*. Jakarta : Erlangga.

Rosydiati, & Saleh, E. K. (2019). Karakterisasi Puncak Kromatogram dalam High Performance Liquid Chromatography (Hplc) Terhadap Perbedaan Fase Gerak, Laju Alir, dan Penambahan Asam dalam Analisis Indole Acetic Acid (IAA). *Kandaga*, *1*(2), 65–74.

Sisca, V. (2018). Aplikasi Katalis Padat dalam Produksi Biodiesel. *Jurnal Zarah*, *6*(1), 30–38.

Sharma, R., Bisen, D. P., Shukla, U., & Sharma, B. G. (2012). X-Ray Diffraction: A Powerful Method of Characterizing Nanomaterials. *Recent Research in Science and Technology*, *4*(8), 77–79.

Song, X., & Sayari, A. (1996). Sulfated Zirconia-Based Strong Solid-Acid Catalysts: Recent Progress. *Catalysis Reviews Science and Engineering*, *38*(3), 37–41.

Sudarlin. (2012). Prinsip dan Teknik Penggunaan Gas Sorption Analyzer (GSA) *Prinsip Dan Teknik Penggunaan Gas Sorption Analyzer (GSA), November 2012*, 1–9.

Sun, Y., Ma, S., Du, Y., Yuan, L., Wang, S., Yung, J., Deng, F., & Xiao, F. (2005). Solvent-Free Preparation of Nanosized Sulfated Zirconia with Bronseted Acidic Sites from a Simple Calcination. *J. Pyhs. Chem*, *109*(7), 2567- 2572.

Suri, A., Yusak, Y., & Bulan, R. (2013). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Hidrolisis Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jack) dengan HCl 30 % Menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Saintia Kimia*, *1*(2), 7.

Syamsuddin, Y., & Husin, H. (2010). Pembuatan Katalis Padat ZrO2/Al2O3 untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Jarak. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, *7*(3), 112–117.

Ulfah, M., & Subagjo, S. (2016). Potensi Katalis Padat Asam Gamma Alumina Tersulfatasi pada Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Karet. *Reaktor*, *16*(3), 109.

Wang, H., Guo, Y., Chang, C., Zhu, X., Liu, X., Han, J., & Ge, Q. Enhancing Tungsten Oxide/SBA-15 Catalysts for Hydrolysis of Cellobiose Through Doping ZrO_2. *Applied Catalysis A: General, 523(1),* 182-192.

Wang, J. H., & Mou, C. Y. (2005). Alumina-Promoted Mesoporous Sulfated Zirconia: A Catalyst for N-Butane Isomerization. *Applied Catalysis A: General*, *286*(1), 128–136.

Windarti, T., Suseno, A., Kimia, L., & Jurusan, F. (2004). Preparasi Katalis Zeolit Alam Asam sebagai Katalis dalam Proses Pirolisis Katalitik Polietilena. *J.Kim. Sains & Apl*, *7*(3), 72–77.

Yang, H., Zhou, Y., Tong, D., Yang, M., Fang, K., Zhou, C., & Yu, W. (2020). Catalytic Conversion of Cellulose to Reducing Sugars Over Clay-Based Solid Acid Catalyst Supported Nanosized SO_4−-ZrO_2. *Applied Clay Science*, *185*(July 2019), 105376.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Kerja

1. Sintesis Zirkonia mesopori tersulfatasi (SO_4/ZrO_2-m)

2,5 g (6,85 mmol) CTAB

- dilarutkan dalam larutan 115 ml air dan 20,5 ml HCl 37 %
- ditambah 5,99 g ZrOCl2.8H2O
- diaduk pada suhu 50°C selama 5 jam
- ditetesi amoniak selama 2 jam

Gel produk hidrolisis

- dipindahkan ke dalam *teflon lined autoclave*
- dipanaskan 100°C selama 24 jam
- dicuci

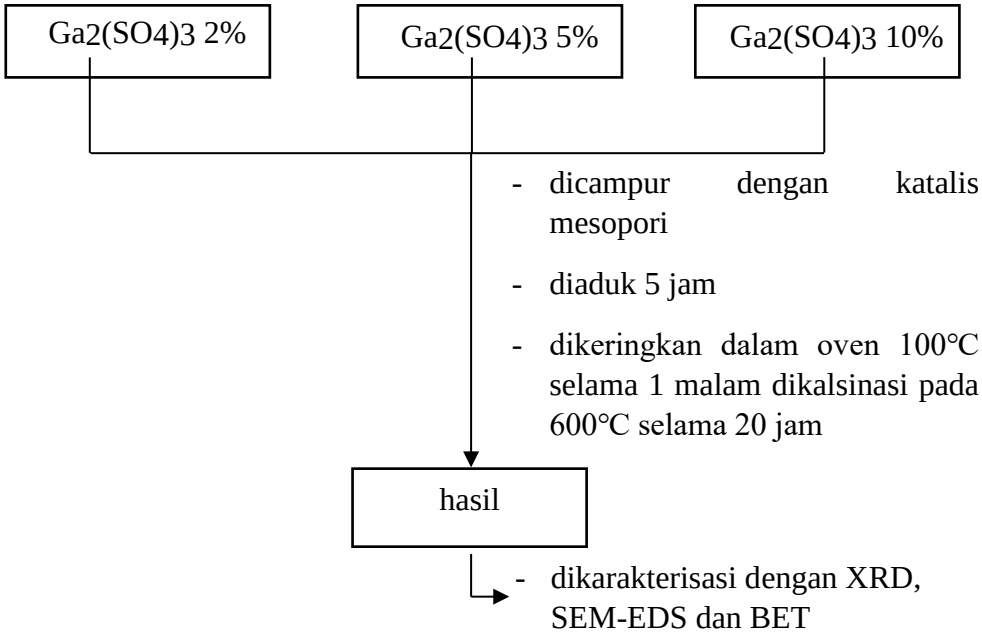
Gel zirkonium hidroksida

- direndam dalam larutan $(NH_4)_2SO_4$ 0,5 M selama 25 menit
- dikeringkan ke dalam oven 100°C selama 24 jam
- dikalsinasi pada suhu 600°C selama 20 .

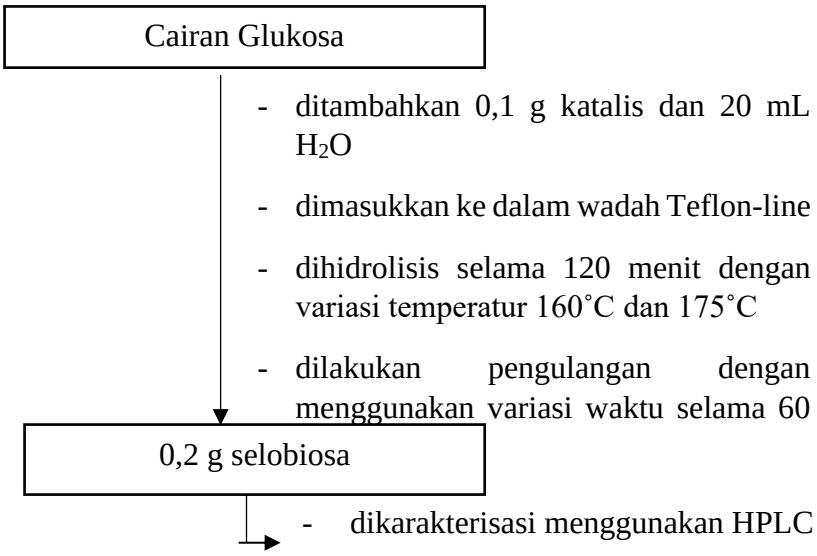
Zirkonium tersulfatasi

- dikarakterisasi dengan XRD, SEM-EDS dan BET

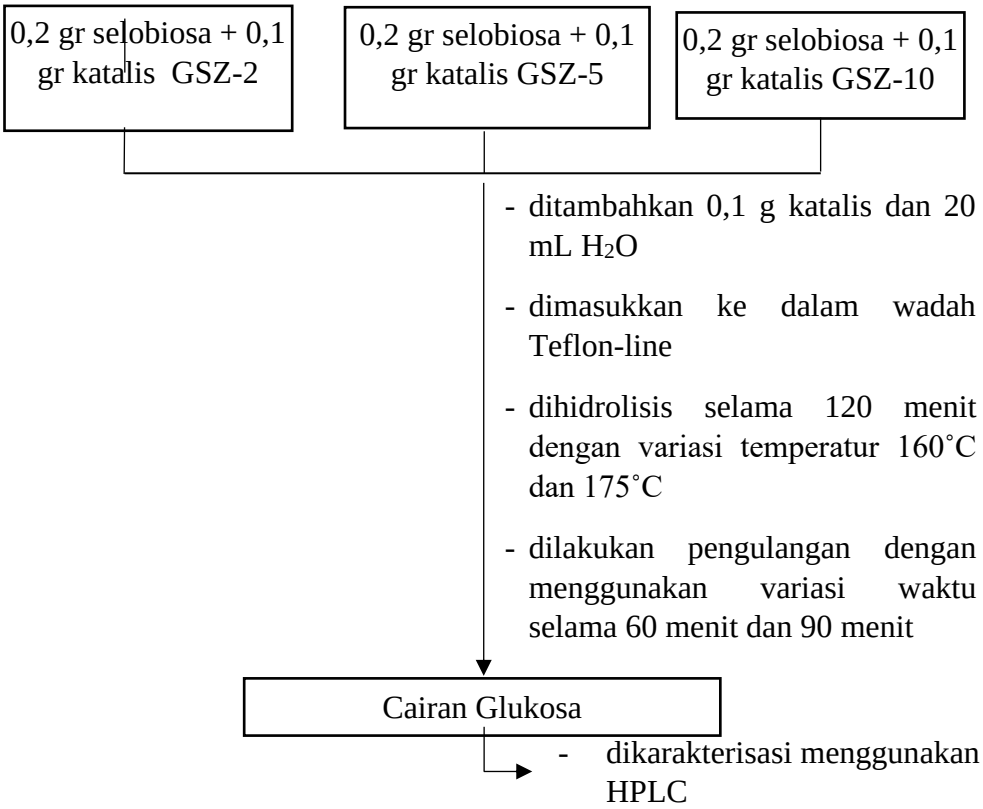
2. Sintesis katalis zirkonia tersulfatasi dengan promotor Ga_2O_3



3. Hidrolisis selobiosa dengan katalis zirconia tersulfatasi tanpa promotor



4. Hidrolisis selobiosa dengan katalis zirconia tersulfatasi dengan promotor



Lampiran 2. Data XRD katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

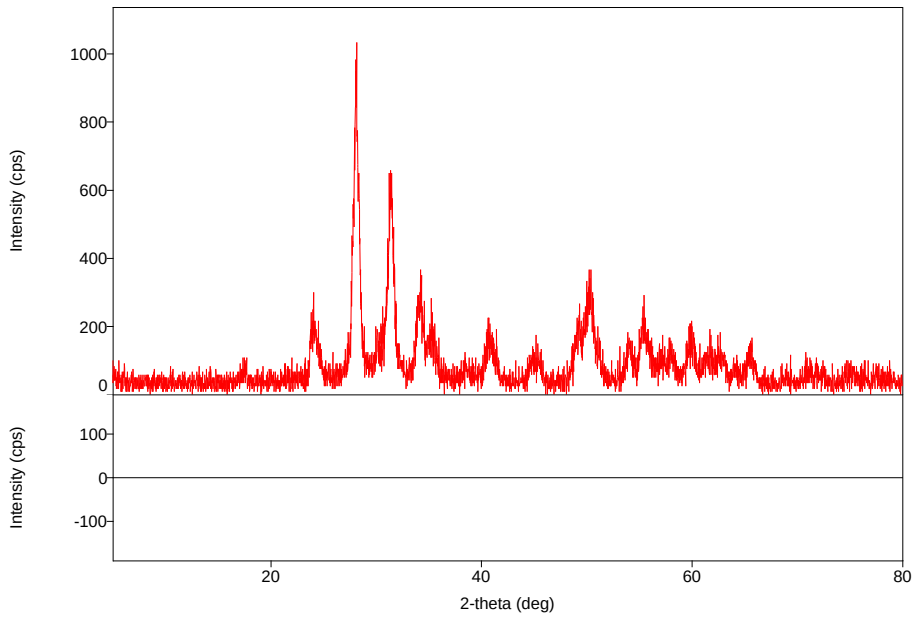
A. Katalis SZ tanpa promotor

Analysis Results

General Information

Analysis date	2021/02/10 10:25:18		
Sample name		Measurement date	2021/02/09 14:24:36
File name	Zinc_Theta_2-Theta.raw	Operator	administrator
Comment			

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)
1	23.92(3)	3.717(5)	99(29)
2	28.10(2)	3.173(2)	532(67)
3	31.41(5)	2.846(4)	352(54)
4	40.75(10)	2.212(5)	75(25)
5	50.29(8)	1.813(3)	136(34)
6	54.06(11)	1.695(3)	59(22)
7	55.31(10)	1.660(3)	87(27)
8	59.71(16)	1.547(4)	46(20)
9	65.53(5)	1.4233(9)	43(19)

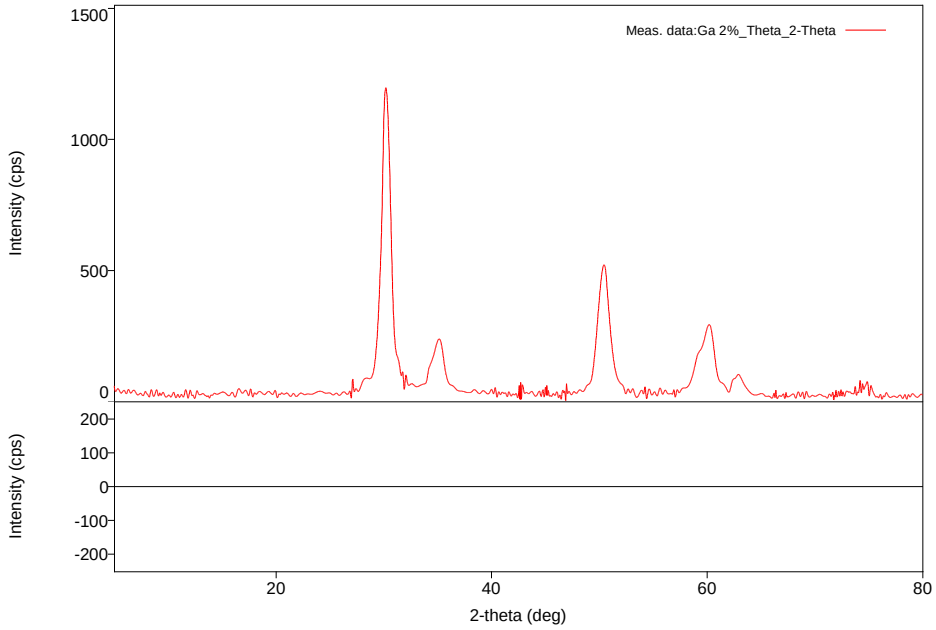
B. Katalis GSZ-2

Analysis Results

General Information

Analysis date	2021/02/01 14:04:55		
Sample name		Measurement date	2021/02/01 13:40:11
File name	Ga 2%_Theta_2-Theta.raw	Operator	administrator
Comment			

Measurement profile



No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)
1	30.22(2)	2.955(2)	823(83)
2	35.26(7)	2.543(5)	132(33)
3	50.15(4)	1.8177(14)	325(52)
4	60.10(7)	1.5383(15)	158(36)
5	62.86(11)	1.477(2)	48(20)

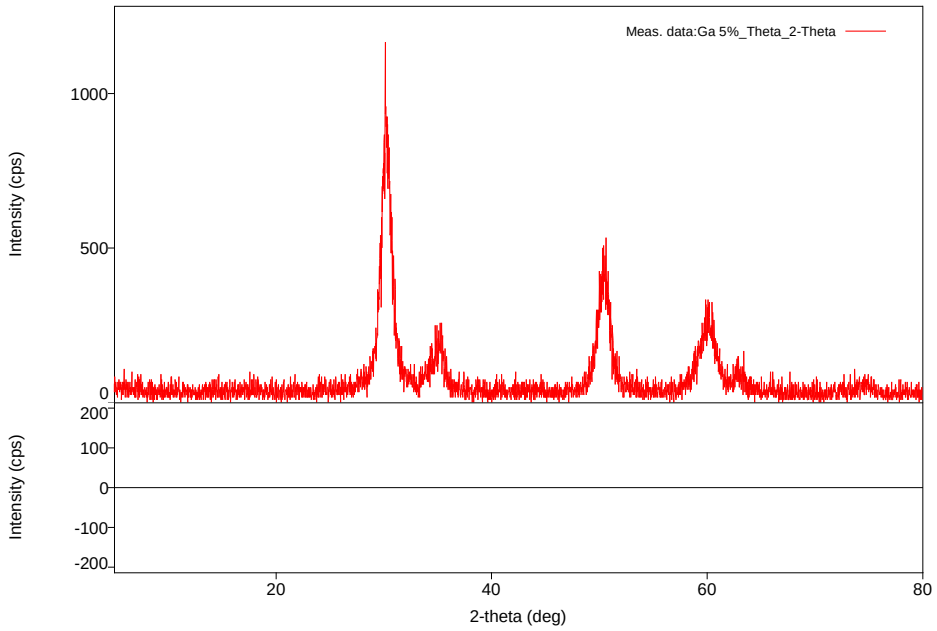
C. Katalis GSZ-5

Analysis Results

General Information

Analysis date	2021/02/01 14:03:23		
Sample name		Measurement date	2021/02/01 13:49:35
File name	Ga 5%_Theta_2-Theta.raw	Operator	administrator
Comment			

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)
1	30.21(3)	2.956(3)	560(68)
2	35.17(10)	2.550(7)	84(26)
3	50.39(5)	1.8095(16)	242(45)
4	60.20(7)	1.5359(16)	127(33)

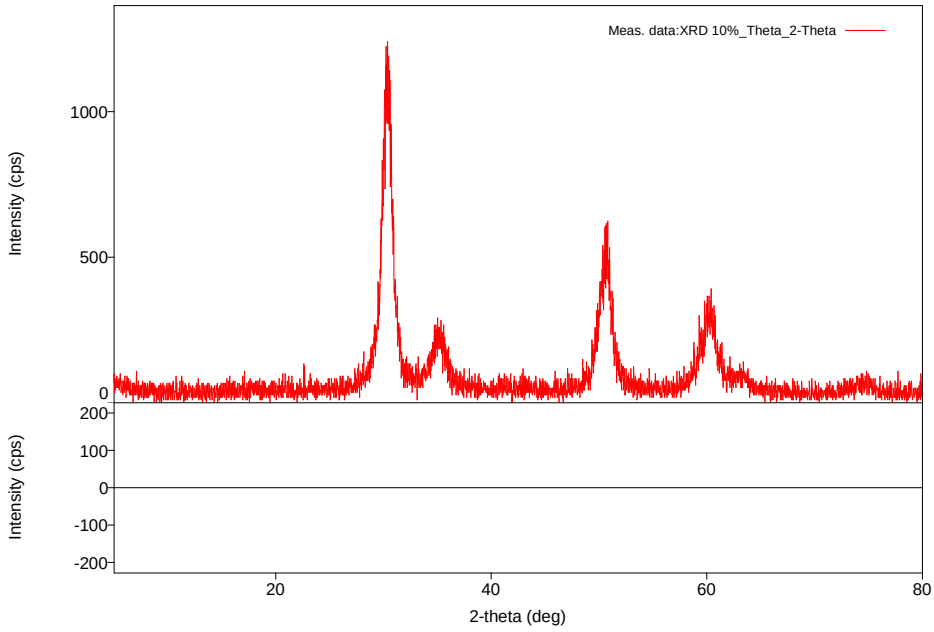
D. Katalis GSZ-10

Analysis Results

General Information

Analysis date	2021/02/02 13:44:48		
Sample name		Measurement date	2021/02/02 13:21:36
File name	XRD 10%_Theta_2-Theta.raw	Operator	administrator
Comment			

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)
1	30.37(3)	2.941(3)	701(76)
2	35.22(10)	2.546(7)	110(30)
3	50.55(5)	1.8041(16)	278(48)
4	60.29(9)	1.534(2)	149(35)
5	74.6(4)	1.271(5)	17(12)

Lampiran. 3 hasil karakterisasi katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

A. Hasil karakterisasi BET katalis SZ tanpa promotor

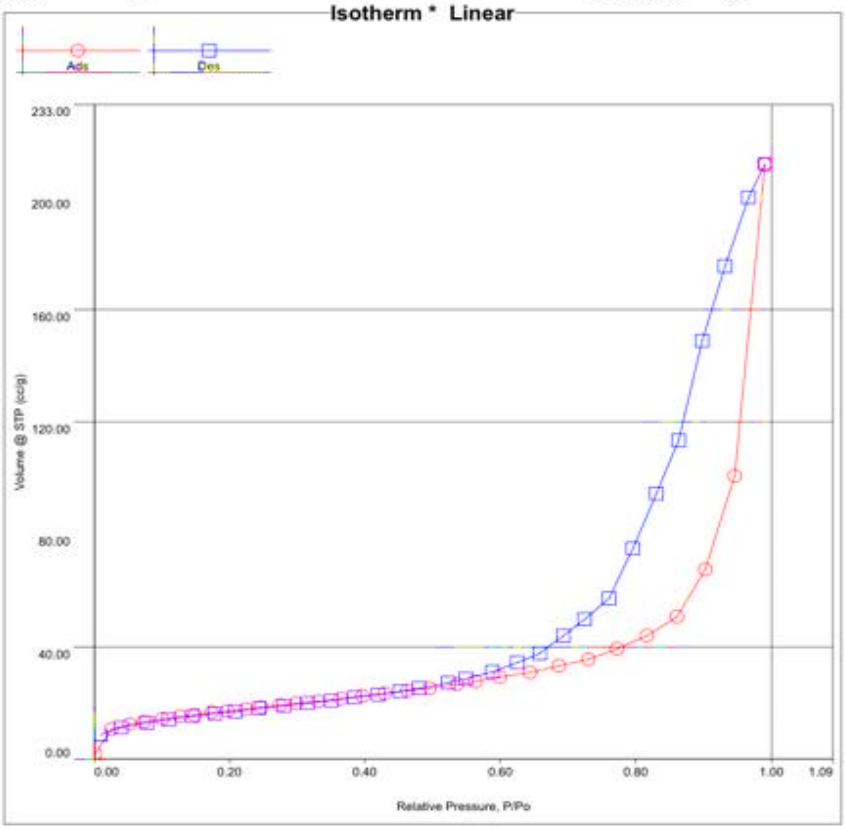
Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA Instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Analysis

Operator:	nova	**Date:**	2021/07/01
Sample ID:	Sample	**Filename:**	
Sample Desc:	ZrO2 Degas 300oC	**Comment:**	
Sample weight:	0.5228 g	**Sample Volume:**	0.15331 cc
Outgas Time:	3.0 hrs	**OutgasTemp:**	300.0 C
Analysis gas:	Nitrogen	**Bath Temp:**	77.3 K
Press. Tolerance:	0.100/0.100 (ads/des)	**Equil time:**	12/24 sec (ads/des)
Analysis Time:	351.3 min	**End of run:**	2021/07/01 17:10:17
Cell ID:	14		

Report

Operator:	nova	**Date:**	7/6/2021
	C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2_Degas 300_AD_ 2021		
Sample Density:	3.41 g/cc		
Equil timeout:	24/48 sec (ads/des)		
Instrument:	Nova Station A		
F/W version:	0.00		



Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Analysis
Operator:nova **Date:**2021/07/01
Sample ID: Sample **Filename:**

Report
Operator:nova **Date:**7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2_Degas 300_AD_ 2021(

Isotherm

Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]
1.87200e-03	2.0303	5.62598e-01	27.6747	6.57646e-01	37.5823
2.60060e-02	10.5183	5.98877e-01	29.1863	6.24596e-01	34.2781
5.27720e-02	12.5707	6.43535e-01	30.9492	5.88138e-01	31.2174
7.37270e-02	13.4269	6.86407e-01	33.0935	5.48817e-01	28.5756
1.00285e-01	14.4191	7.29293e-01	35.6234	5.22137e-01	27.0391
1.27302e-01	15.2679	7.72358e-01	39.2645	4.80442e-01	25.1755
1.48250e-01	15.8376	8.16328e-01	43.8750	4.51308e-01	24.1138
1.74270e-01	16.5877	8.60605e-01	50.7360	4.19377e-01	23.0534
1.96947e-01	17.1430	9.02143e-01	67.5062	3.84167e-01	21.9563
2.24452e-01	17.8992	9.45818e-01	100.7855	3.50234e-01	20.9392
2.46964e-01	18.4421	9.90462e-01	211.6938	3.15598e-01	19.9510
2.73745e-01	19.1912	9.65905e-01	199.7631	2.80711e-01	18.9717
2.98251e-01	19.8538	9.31384e-01	175.3218	2.43758e-01	17.9572
3.31194e-01	20.6627	8.97688e-01	148.7894	2.08993e-01	16.9804
3.64697e-01	21.5375	8.63203e-01	113.4480	1.77865e-01	16.0975
3.95789e-01	22.3782	8.29499e-01	94.5323	1.45266e-01	15.1512
4.29456e-01	23.3101	7.95222e-01	74.9931	1.10766e-01	14.0951
4.62579e-01	24.2892	7.60249e-01	57.1501	7.80820e-02	12.9820
4.94962e-01	25.2715	7.24228e-01	49.8249	3.97800e-02	11.3126
5.36162e-01	26.6314	6.92856e-01	43.8126	9.11100e-03	8.7850

Multi-Point BET

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)]
1.87200e-03	2.0303	7.3911e-01	1.74270e-01	16.5877	1.0180e+01
2.60060e-02	10.5183	2.0310e+00	1.96947e-01	17.1430	1.1446e+01
5.27720e-02	12.5707	3.5460e+00	2.24452e-01	17.8992	1.2937e+01
7.37270e-02	13.4269	4.7431e+00	2.46964e-01	18.4421	1.4228e+01
1.00285e-01	14.4191	6.1850e+00	2.73745e-01	19.1912	1.5715e+01
1.27302e-01	15.2679	7.6444e+00	2.98251e-01	19.8538	1.7128e+01
1.48250e-01	15.8376	8.7931e+00			

MBET summary

Slope =	55.085
Intercept =	6.296e-01
Correlation coefficient, r =	0.999976
C constant=	88.490
Surface Area =	62.507 m^2/g

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

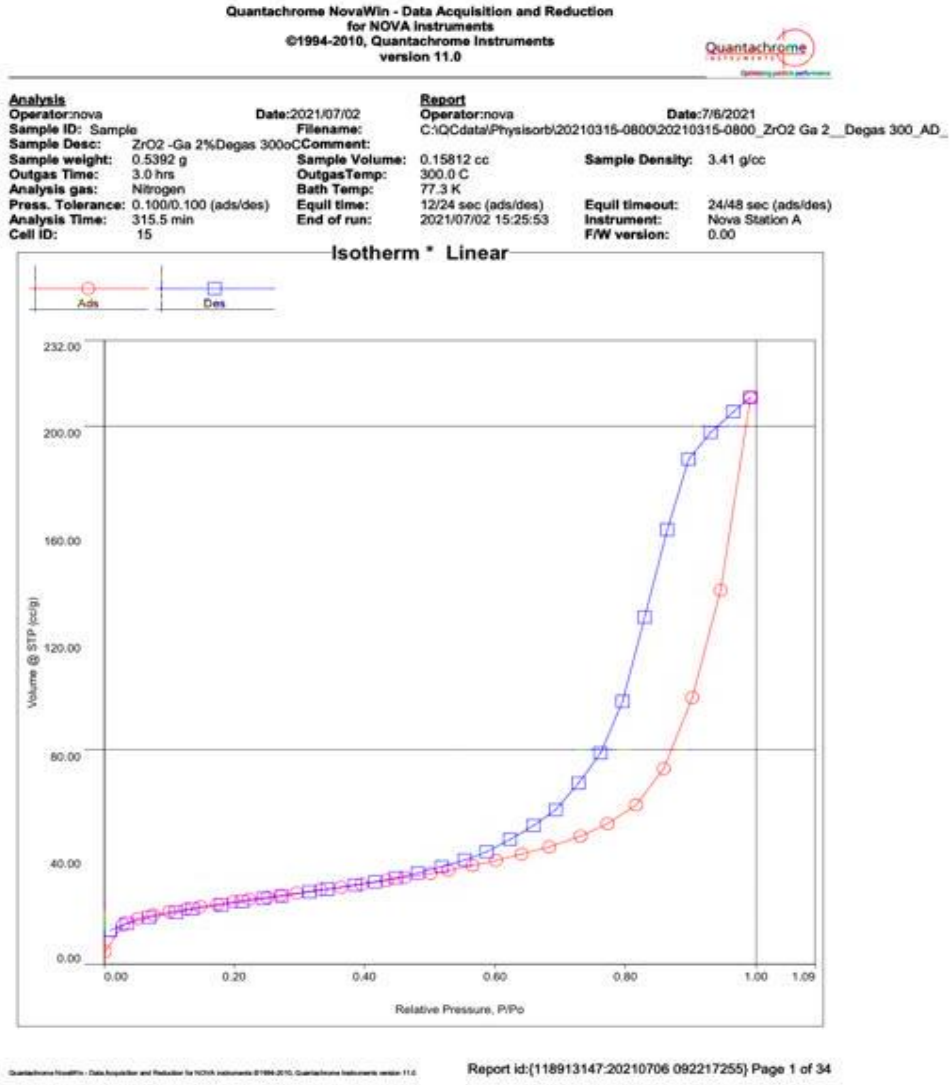
Analysis
Operator:nova **Date:**2021/07/01
Sample ID: Sample **Filename:**

Report
Operator:nova **Date:**7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2_Degas 300_AD_ 2021(

BJH desorption summary

Surface Area =	95.775 m^2/g
Pore Volume =	0.345 cc/g
Pore Radius Dv(r) =	48.126 Å

B. Hasil karakterisasi GSZ-5



Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Analysis
Operator:nova Date:2021/07/02
Sample ID: Sample Filename:
Sample Desc: ZrO2 -Ga 2%Degas 300oC Comment:
Sample weight: 0.5392 g Sample Volume: 0.15812 cc Sample Density: 3.41 g/cc
Outgas Time: 3.0 hrs OutgasTemp: 300.0 C
Analysis gas: Nitrogen Bath Temp: 77.3 K
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des) Equil time: 12/24 sec (ads/des) Equil timeout: 24/48 sec (ads/des)
Analysis Time: 315.5 min End of run: 2021/07/02 15:25:53 Instrument: Nova Station A
Cell ID: 15 F/W version: 0.00

Report
Operator:nova Date:7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 2__Degas 300_AD_

Report id:{118913147:20210706 092217255} Page 1 of 34

Isotherm

Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]
1.78700e-03	4.8286	5.65621e-01	36.7822	6.58768e-01	51.7137
2.92360e-02	14.7055	6.01229e-01	38.6963	6.23167e-01	46.5412
5.16180e-02	17.0202	6.40612e-01	40.9763	5.86884e-01	41.8043
7.59600e-02	18.5456	6.82607e-01	43.6488	5.53170e-01	38.7664
9.94120e-02	19.5964	7.30609e-01	47.6580	5.18243e-01	36.2074
1.24550e-01	20.6331	7.72432e-01	52.2030	4.81731e-01	34.0050
1.47966e-01	21.5464	8.16156e-01	59.2024	4.47716e-01	32.2295
1.73420e-01	22.4683	8.57943e-01	72.6436	4.15581e-01	30.7289
1.97991e-01	23.3252	9.01983e-01	99.1699	3.85376e-01	29.5709
2.22670e-01	24.1476	9.45694e-01	138.9772	3.42448e-01	27.9640
2.50047e-01	25.0260	9.90818e-01	210.7034	3.15760e-01	26.9714
2.70830e-01	25.6574	9.64818e-01	205.3616	2.73506e-01	25.4724
2.96018e-01	26.5273	9.30351e-01	197.8438	2.45038e-01	24.4874
3.32409e-01	27.7738	8.96903e-01	187.6974	2.12279e-01	23.3551
3.63037e-01	28.7541	8.63497e-01	161.4762	1.80194e-01	22.1944
3.94935e-01	29.8049	8.29353e-01	128.9932	1.36097e-01	20.5298
4.33048e-01	31.2418	7.95223e-01	97.8664	1.10750e-01	19.4360
4.62097e-01	32.3281	7.61143e-01	78.4346	6.93220e-02	17.4706
5.00769e-01	33.8675	7.27035e-01	67.3362	3.58740e-02	15.3041
5.28276e-01	35.0253	6.92833e-01	57.3820	9.40800e-03	12.5666

Multi-Point BET

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)]
2.92360e-02	14.7055	1.6386e+00	1.73420e-01	22.4683	7.4713e+00
5.16180e-02	17.0202	2.5586e+00	1.97991e-01	23.3252	8.4682e+00
7.59600e-02	18.5456	3.5465e+00	2.22670e-01	24.1476	9.4915e+00
9.94120e-02	19.5964	4.5070e+00	2.50047e-01	25.0260	1.0660e+01
1.24550e-01	20.6331	5.5170e+00	2.70830e-01	25.6574	1.1583e+01
1.47966e-01	21.5464	6.4488e+00	2.96018e-01	26.5273	1.2683e+01

MBET summary

Slope =	41.112
Intercept =	4.023e-01
Correlation coefficient, r =	0.999887
C constant=	103.198
Surface Area =	83.888 m²/g

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA Instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Quantachrome

Analysis
Operator:nova
Sample ID: Sample
Date:2021/07/02
Filename:

Report
Operator:nova
Date:7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 2__Degas 300_AD_

BJH desorption summary

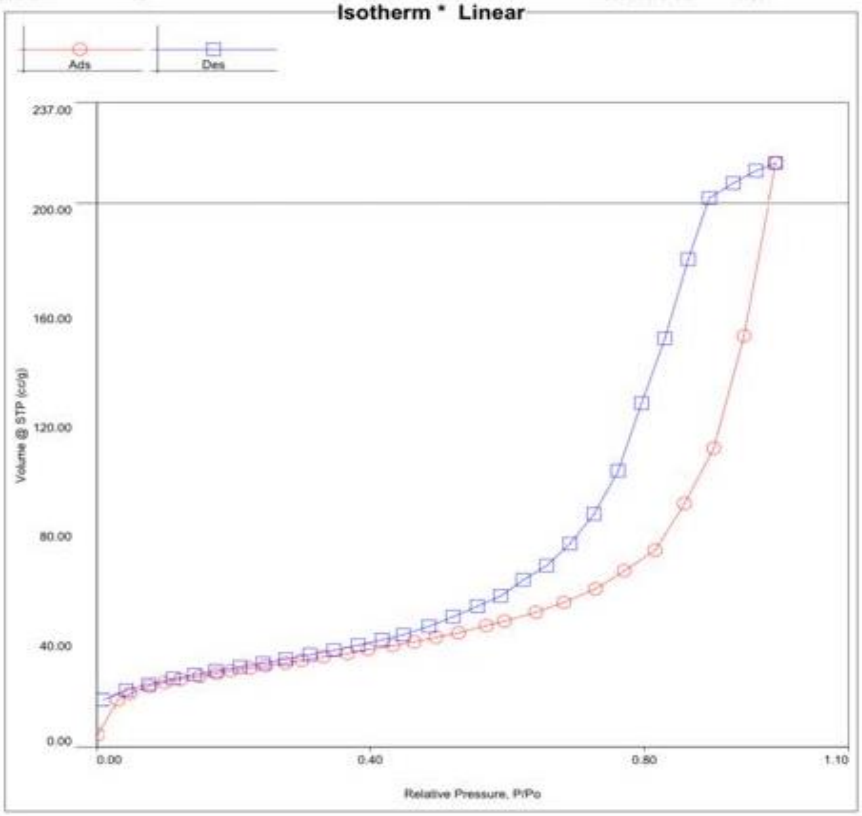
Surface Area =	119.249 m²/g
Pore Volume =	0.344 cc/g
Pore Radius Dv(r) =	56.947 Å

C. Hasil karakterisasi BET katalis GSZ-5

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Quantachrome

Analysis				**Report**			
Operator:	nova	**Date:**	2021/07/05	**Operator:**	nova	**Date:**	7/6/2021
Sample ID:	Sample	**Filename:**		C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 5__Degas 300_AD			
Sample Desc:	ZrO2 -Ga 5%Degas 300oC	**Comment:**					
Sample weight:	0.7253 g	**Sample Volume:**	0.2127 cc			**Sample Density:**	3.41 g/cc
Outgas Time:	3.0 hrs	**OutgasTemp:**	300.0 C				
Analysis gas:	Nitrogen	**Bath Temp:**	77.3 K				
Press. Tolerance:	0.100/0.100 (ads/des)	**Equil time:**	12/24 sec (ads/des)			**Equil timeout:**	24/48 sec (ads/des)
Analysis Time:	400.6 min	**End of run:**	2021/07/05 15:46:13			**Instrument:**	Nova Station A
Cell ID:	16					**F/W version:**	0.00



Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Analysis
Operator:nova **Date:**2021/07/05
Sample ID: Sample **Filename:**

Report
Operator:nova **Date:**7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 5__Degas 300_AD_

Isotherm

Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]
1.80200e-03	4.5718	5.69082e-01	44.5602	6.57158e-01	68.8192
3.12660e-02	17.3554	5.96027e-01	46.3692	6.23409e-01	61.4422
4.89010e-02	19.7031	6.41655e-01	49.5703	5.90464e-01	55.6898
7.72450e-02	22.4301	6.82495e-01	53.1631	5.56285e-01	51.8312
9.96390e-02	23.7028	7.28532e-01	58.1194	5.21394e-01	47.9869
1.23124e-01	24.9080	7.70213e-01	64.7650	4.85930e-01	44.3409
1.50062e-01	26.0364	8.15309e-01	72.4011	4.48334e-01	41.3676
1.75743e-01	27.1442	8.58239e-01	89.5721	4.17355e-01	39.3998
1.96623e-01	27.9916	9.01627e-01	109.8945	3.81998e-01	37.4657
2.23381e-01	29.0386	9.45719e-01	151.0338	3.46613e-01	35.6461
2.47318e-01	29.9135	9.92883e-01	214.6309	3.11464e-01	33.9867
2.75253e-01	31.0066	9.63283e-01	211.8677	2.77105e-01	32.4360
2.99442e-01	31.9908	9.30474e-01	207.2326	2.43356e-01	30.9934
3.31885e-01	33.1802	8.95361e-01	201.8941	2.09715e-01	29.5841
3.66732e-01	34.5618	8.63593e-01	179.2835	1.74537e-01	28.0994
3.96267e-01	35.8831	8.29464e-01	150.2041	1.43214e-01	26.6799
4.32643e-01	37.3154	7.95377e-01	126.5306	1.11762e-01	25.1467
4.64053e-01	38.8386	7.61205e-01	101.6611	7.63260e-02	23.1887
4.95655e-01	40.3643	7.26415e-01	85.7346	4.38620e-02	20.8926
5.28263e-01	42.0874	6.91675e-01	74.8357	9.64700e-03	17.3520

Multi-Point BET

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)]
1.80200e-03	4.5718	3.1593e-01	1.75743e-01	27.1442	5.2848e+00
3.12660e-02	17.3554	1.4879e+00	1.96623e-01	27.9916	6.9958e+00
4.89010e-02	19.7031	2.0879e+00	2.23381e-01	29.0386	7.9252e+00
7.72450e-02	22.4301	2.9861e+00	2.47318e-01	29.9135	8.7888e+00
9.96390e-02	23.7028	3.7356e+00	2.75253e-01	31.0066	9.8004e+00
1.23124e-01	24.9080	4.5104e+00	2.99442e-01	31.9908	1.0690e+01
1.50062e-01	26.0364	5.4257e+00			

MBET summary

Slope =	34.286
Intercept =	3.218e-01
Correlation coefficient, r =	0.999814
C constant=	107.529
Surface Area =	100.628 m^2/g

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Analysis
Operator:nova **Date:**2021/07/05
Sample ID: Sample **Filename:**

Report
Operator:nova **Date:**7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 5__Degas 300_AD_

BJH desorption summary

Surface Area =	140.161 m^2/g
Pore Volume =	0.347 cc/g
Pore Radius Dv(r) =	48.234 Å

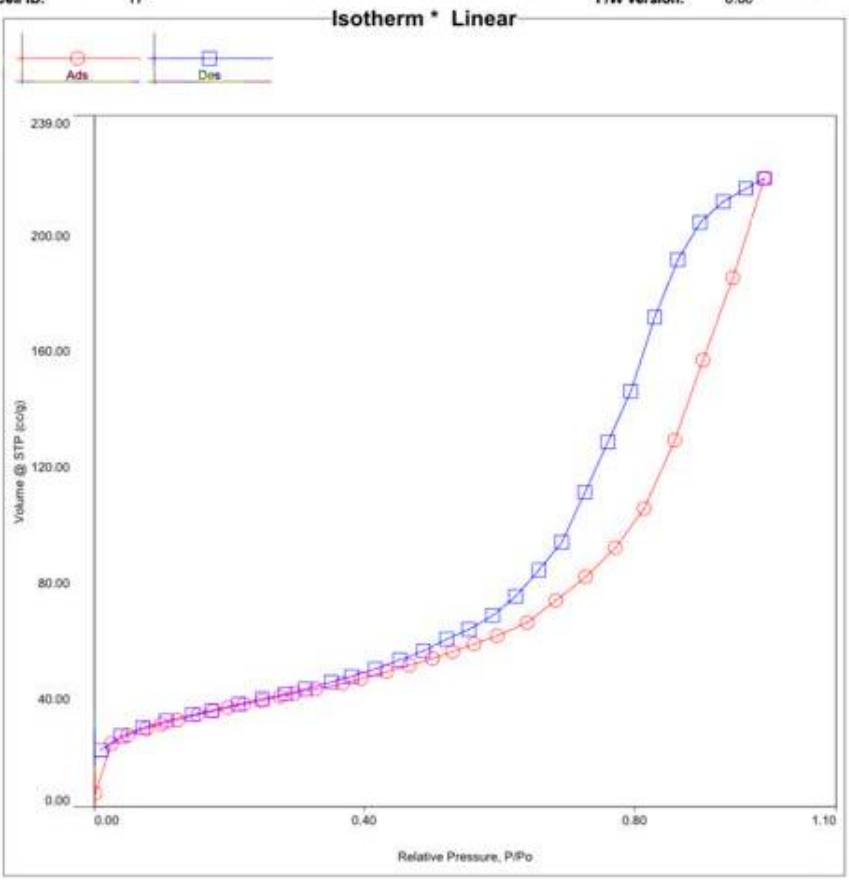
D. Hasil karakterisasi BET katalis GSZ-10

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Quantachrome

Analysis				**Report**			
Operator:	nova	**Date:**	2021/07/03	**Operator:**	nova	**Date:**	7/6/2021
Sample ID:	Sample	**Filename:**		C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 10__Degas 300_AD			
Sample Desc:	ZrO2 -Ga 10%Degas 300oC	**Comment:**					
Sample weight:	0.8684 g	**Sample Volume:**	0.25466 cc			**Sample Density:**	3.41 g/cc
Outgas Time:	3.0 hrs	**OutgasTemp:**	300.0 C				
Analysis gas:	Nitrogen	**Bath Temp:**	77.3 K				
Press. Tolerance:	0.100/0.100 (ads/des)	**Equil time:**	12/24 sec (ads/des)			**Equil timeout:**	24/48 sec (ads/des)
Analysis Time:	469.9 min	**End of run:**	2021/07/03 23:29:00			**Instrument:**	Nova Station A
Cell ID:	17					**F/W version:**	0.00

Isotherm * Linear



Report id:{33820211:20210706 092818811} Page 1 of 34

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Analysis
Operator:nova **Date:**2021/07/03
Sample ID: Sample **Filename:**

Report
Operator:nova **Date:**7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 10__Degas 300_AD_

Isotherm

Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]	Relative Pressure	Volume @ STP [cc/g]
1.77100e-03	4.7222	5.62723e-01	56.3470	6.58806e-01	81.7541
2.62140e-02	21.9447	5.96452e-01	59.2555	6.24538e-01	72.7011
4.95930e-02	24.6929	6.40459e-01	63.8117	5.89715e-01	66.0330
7.80820e-02	27.1139	6.83811e-01	71.4286	5.55079e-01	61.2850
9.98910e-02	28.6721	7.27567e-01	79.5018	5.22200e-01	57.8690
1.23255e-01	30.0706	7.71214e-01	89.4948	4.87643e-01	53.7797
1.53507e-01	31.8359	8.14091e-01	103.2351	4.52295e-01	50.6873
1.76317e-01	33.0579	8.59315e-01	126.6549	4.16716e-01	47.7156
1.99098e-01	34.2529	9.01998e-01	154.2601	3.81296e-01	45.0425
2.21476e-01	35.3986	9.45861e-01	182.6506	3.51072e-01	43.1708
2.49511e-01	36.7292	9.92265e-01	217.0441	3.12981e-01	40.8373
2.75035e-01	38.0375	9.65346e-01	213.6305	2.82851e-01	39.1866
2.97787e-01	39.2001	9.31638e-01	208.8892	2.49051e-01	37.4234
3.28622e-01	40.7168	8.96945e-01	201.7345	2.14206e-01	35.5839
3.67433e-01	42.7055	8.63555e-01	188.9009	1.74582e-01	33.4238
3.95007e-01	44.3428	8.29495e-01	169.1393	1.46252e-01	31.8911
4.33386e-01	46.6201	7.94780e-01	143.4424	1.07722e-01	29.6858
4.67000e-01	48.8523	7.61188e-01	126.1577	7.23090e-02	27.2609
5.01247e-01	51.1667	7.26581e-01	108.7149	4.05450e-02	24.4450
5.30319e-01	53.6596	6.92945e-01	91.4432	9.91100e-03	19.7191

Multi-Point BET

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)]
1.77100e-03	4.7222	3.0060e-01	1.76317e-01	33.0579	5.1809e+00
2.62140e-02	21.9447	9.8150e-01	1.99098e-01	34.2529	5.8068e+00
4.95930e-02	24.6929	1.6908e+00	2.21476e-01	35.3986	6.4301e+00
7.80820e-02	27.1139	2.4993e+00	2.49511e-01	36.7292	7.2424e+00
9.98910e-02	28.6721	3.0969e+00	2.75035e-01	38.0375	7.9801e+00
1.23255e-01	30.0706	3.7406e+00	2.97787e-01	39.2001	8.6556e+00
1.53507e-01	31.8359	4.5576e+00			

MBET summary

Slope =	27.987
Intercept =	2.728e-01
Correlation coefficient, r =	0.999934
C constant=	103.598
Surface Area =	123.233 m^2/g

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0

Analysis
Operator:nova **Date:**2021/07/03
Sample ID: Sample **Filename:**

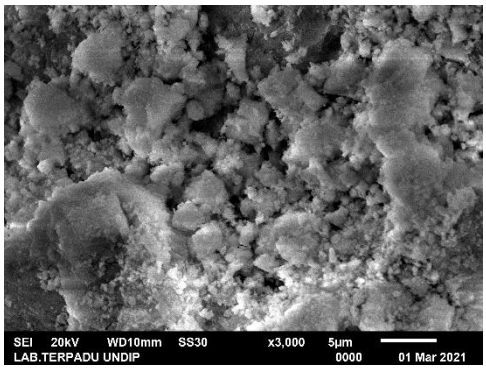
Report
Operator:nova **Date:**7/6/2021
C:\QCdata\Physisorb\20210315-0800\20210315-0800_ZrO2 Ga 10__Degas 300_AD

BJH desorption summary

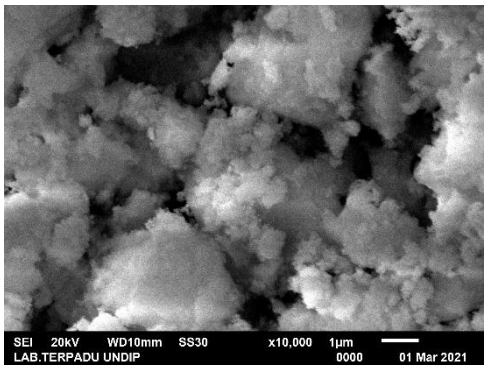
Surface Area =	156.278 m^2/g
Pore Volume =	0.346 cc/g
Pore Radius Dv(r) =	36.697 Å

Lampiran 4. Hasil Karakterisasi SEM-EDS katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

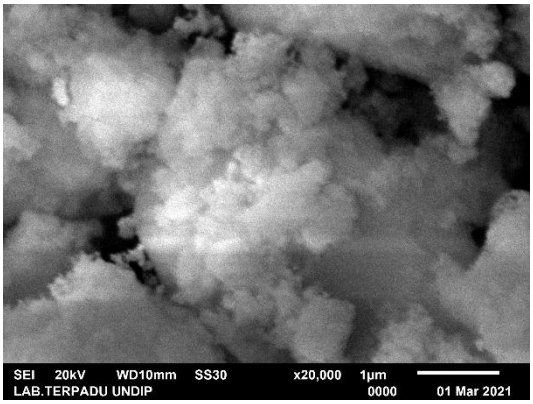
a. Katalis SZ



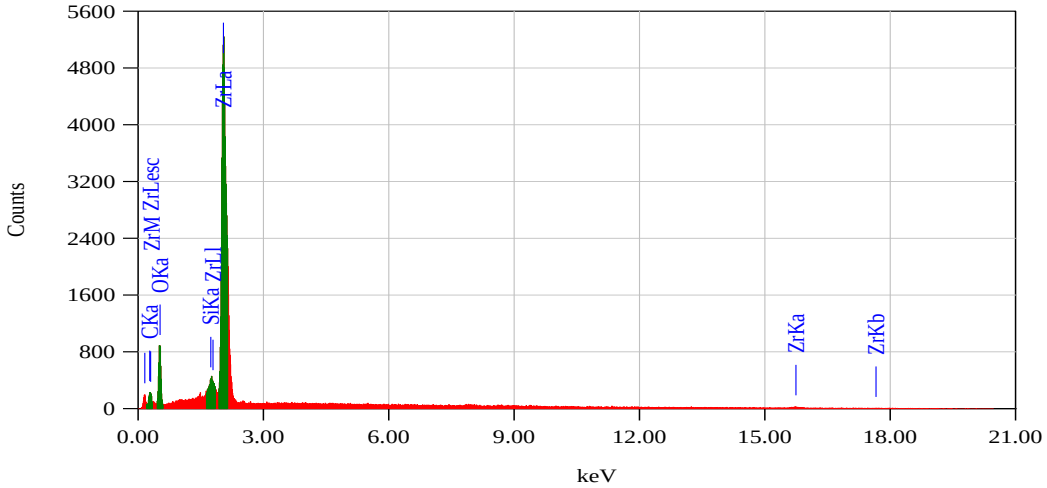
Pembesaran 3000x



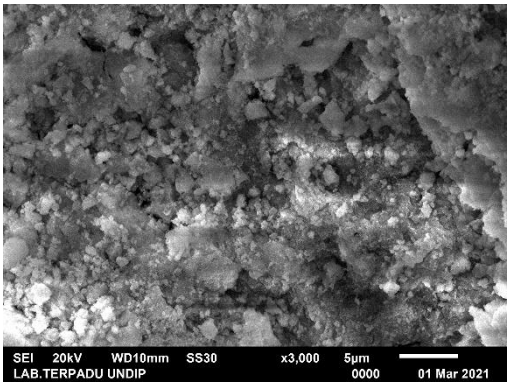
Pembesaran 10000x



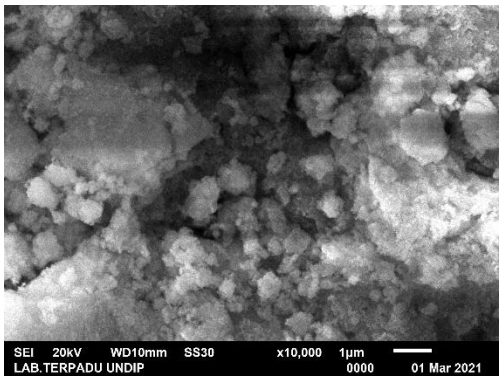
Pembesaran 20000x



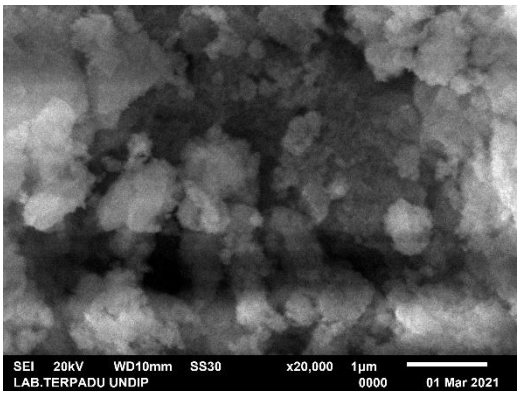
b. Katalis GSZ-2



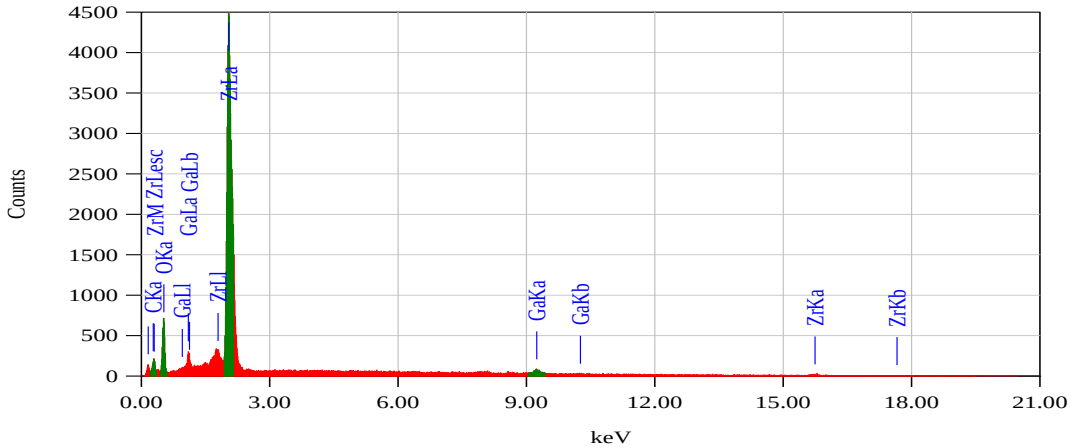
Pembesaran 3000x



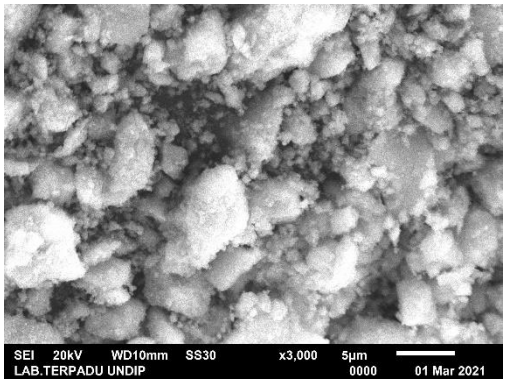
Pembesaran 10000x



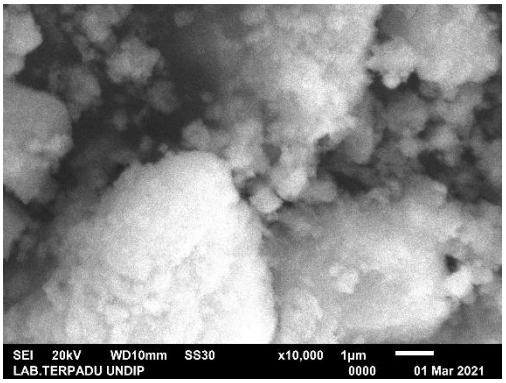
Pembesaran 20000x



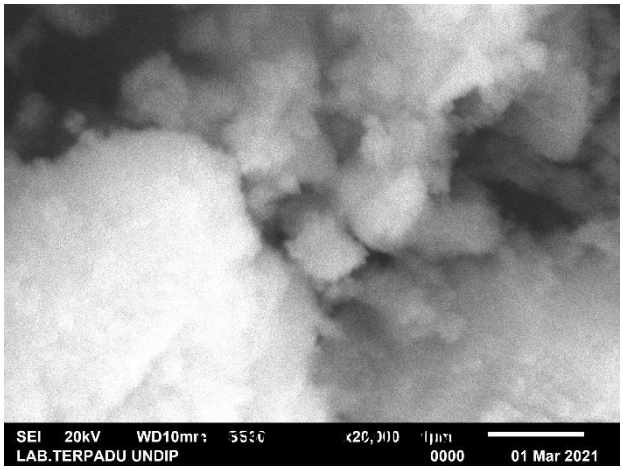
c. Katalis GSZ-5



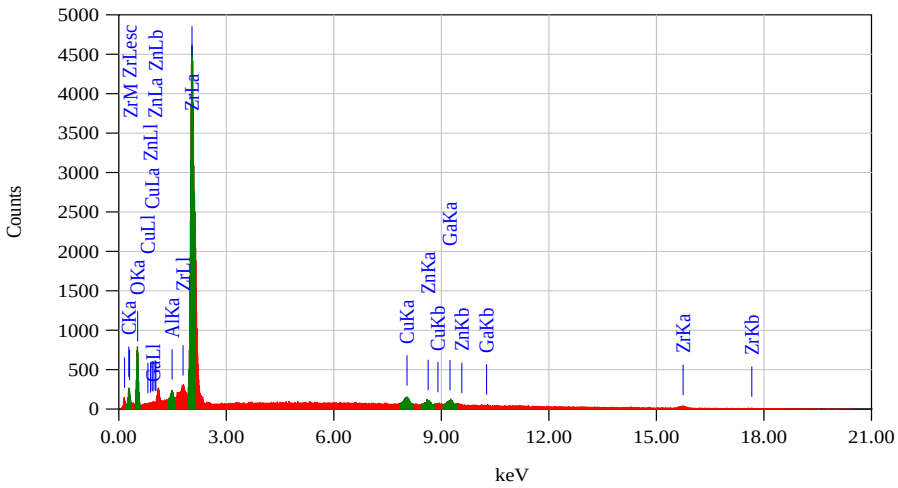
Pembesaran 3000x



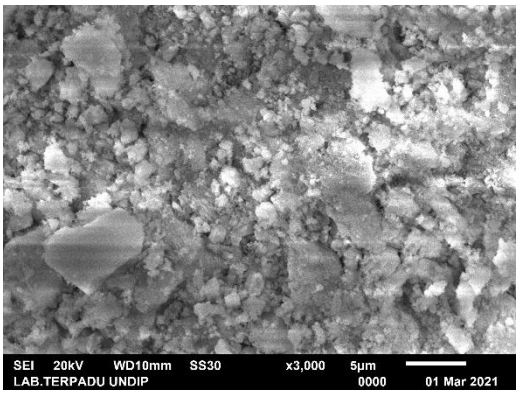
Pembesara 10000x



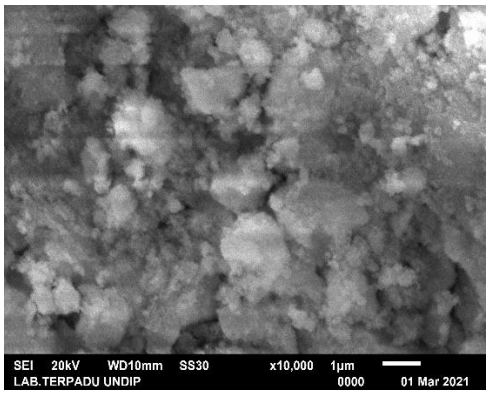
Pembesaran 20000x



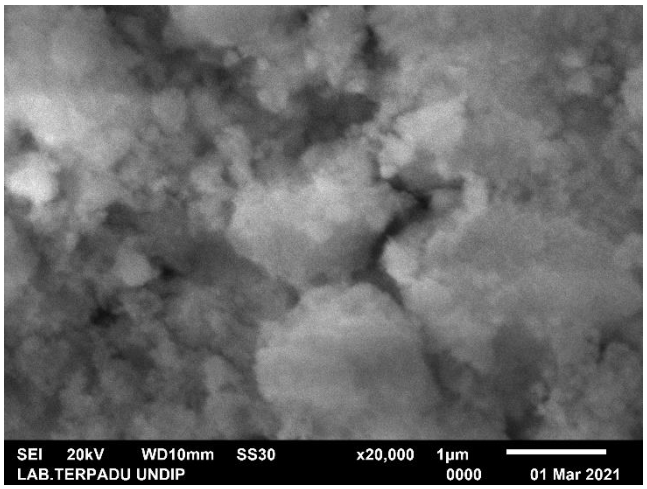
d. Katalis GSZ-10



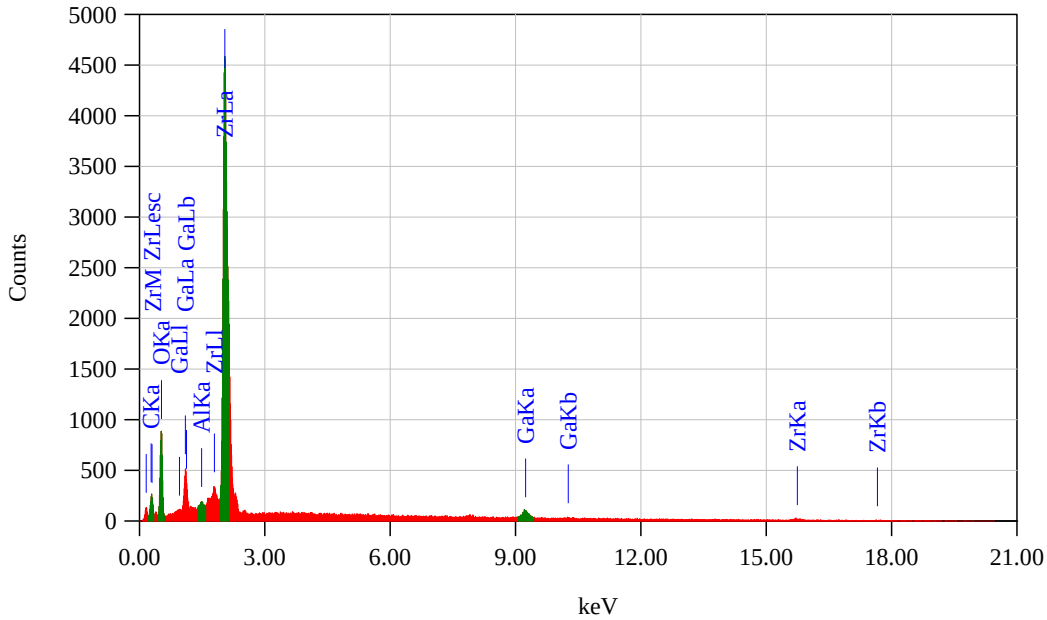
Pembesaran 3000x



Pembesaran 10000x



Pembesaran 20000x



Lampiran 5. Analisis situs keasaman katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10

Tabel Berat sebelum dan sesudah dialiri gas ammonia

Sampel	Berat sampel awal (g)	Berat sampel akhir (g)	Berat ammonia teradsorp (g)
SZ tanpa promotor	0,5	0,5005	0,0005
GSZ-2	0,5	0,5052	0,0052
GSZ-5	0,5	0,5064	0,0064
GSZ-10	0,5	0,5159	0,0159

$$\text{Jumlah keasaman total} = \frac{\text{jumlah Ammonia yang teradsob}}{\text{Mr Ammonia} \times \text{ massa Zirkonia (g)}}$$

- Zirkonia Tersulfatasi Tanpa Promotor

  $$\text{Jumlah keasaman total} = \frac{0{,}0005 \text{ g}}{17{,}03 \text{ g mol}^{-1} \times 0{,}5 \text{ g}}$$

  Jumlah keasaman total = 0,000058 mol g^{-1}

- Zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium 2 %

  $$\text{Jumlah keasaman total} = \frac{0{,}0052 \text{ g}}{17{,}03 \text{ g mol}^{-1} \times 0{,}5 \text{ g}}$$

  Jumlah keasaman total = 0,000610 mol g^{-1}

- Zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium 5 %

  $$\text{Jumlah keasaman total} = \frac{0{,}0064 \text{ g}}{17{,}03 \text{ g mol}^{-1} \times 0{,}5 \text{ g}}$$

  Jumlah keasaman total = 0,000751 mol g^{-1}

- Zirkonia tersulfatasi dengan promotor gallium 10%

  $$\text{Jumlah keasaman total} = \frac{0{,}0159 \text{ g}}{17{,}03 \text{ g mol}^{-1} \times 0{,}5 \text{ g}}$$

  Jumlah keasaman total = 0,001867 mol g^{-1}

Lampiran 5. Data HPLC

1) Standar Glukosa

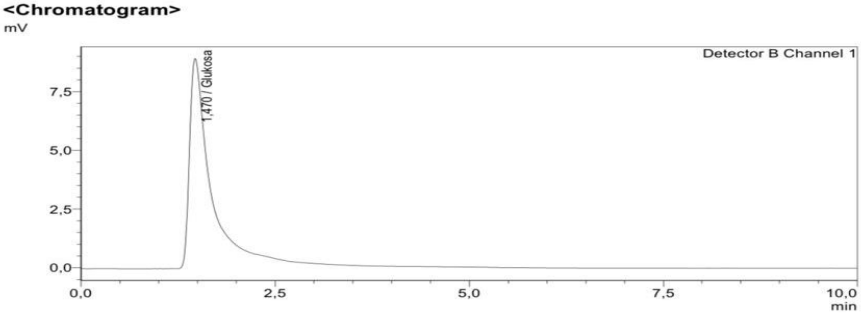
a) untuk katalis SZ dan GSZ-10 dengan suhu 175 ˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: STD_Glukosa 20%		
Sample ID	:		
Data Filename	: STD_Glukosa 20%.lcd		
Method Filename	: Gula std.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-1	Sample Type	: Standard
Injection Volume	: 20 uL	Level	: 1
Date Acquired	: 9/10/2021 7:54:45 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 9/10/2021 11:28:16 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	1,470	180022	8943	20,031	%		Glukosa
Total		180022	8943				

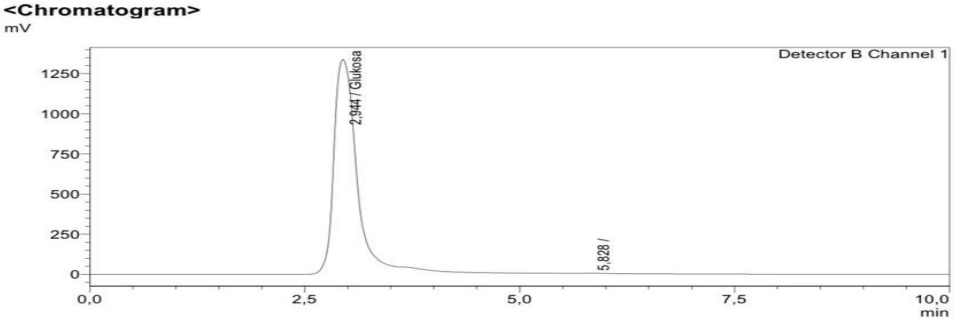
b) untuk katalis SZ, GSZ-2, GSZ-5 dan GSZ-10 dengan suhu 160° dan 175°, variasi waktu 60, 90, 120 menit

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: STD Glukosa 20%		
Sample ID	:		
Data Filename	: STD Glukosa 20%.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-19	Sample Type	: Standard
Injection Volume	: 20 uL	Level	: 1
Date Acquired	: 11/26/2021 6:01:46 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:18:50 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,944	26692730	1338407	20,000	%	S	Glukosa
2	5,828	25336	1559	0,000		T	
Total		26718066	1339966				

2) Selobiosa dengan katalis SZ, selama 60 menit dan suhu 175˚

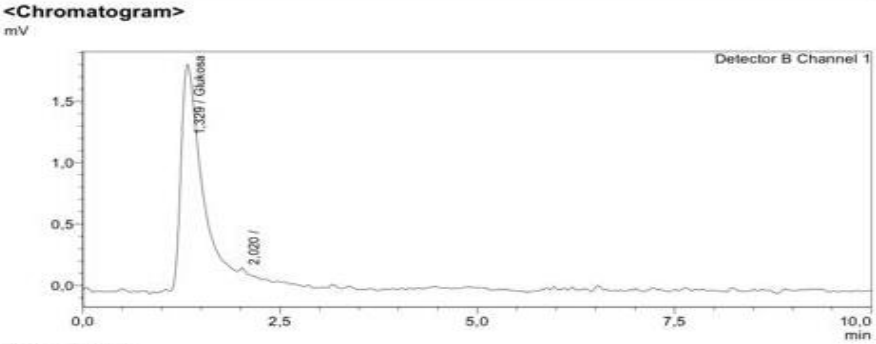
06/10/2021 16:00:50 Page 2 / 7

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: Selobiosa 60 min		
Sample ID	:		
Data Filename	: Selobiosa 60 min.lcd		
Method Filename	: STD Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-1	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 10/6/2021 8:18:07 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 10/6/2021 9:46:21 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	1,329	34176	1842	4,163	%	V	Glukosa
2	2,020	1563	143	0,000		V	
Total		35739	1984				

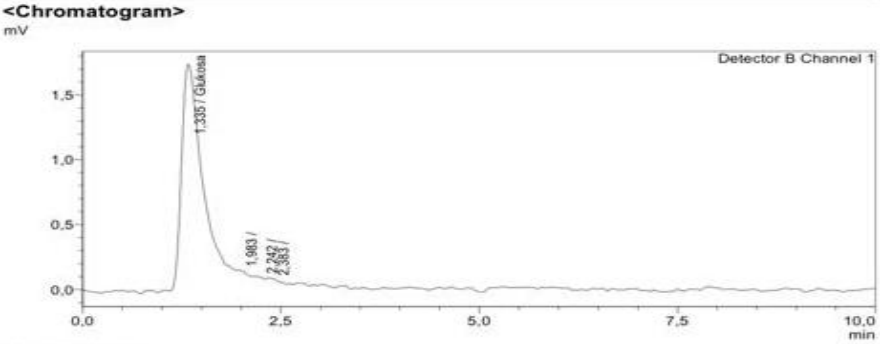
3) Selobiosa dengan katalis SZ, selama 90 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: Selobiosa 90 min		
Sample ID	:		
Data Filename	: Selobiosa 90 min.lcd		
Method Filename	: STD Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-2	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 10/6/2021 8:33:28 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 10/6/2021 9:46:31 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	1,335	34025	1764	4,146	%	V	Glukosa
2	1,983	1804	171	0,000		V	
3	2,242	1168	116	0,000		V	
4	2,383	1077	101	0,000		V	
Total		38074	2153				

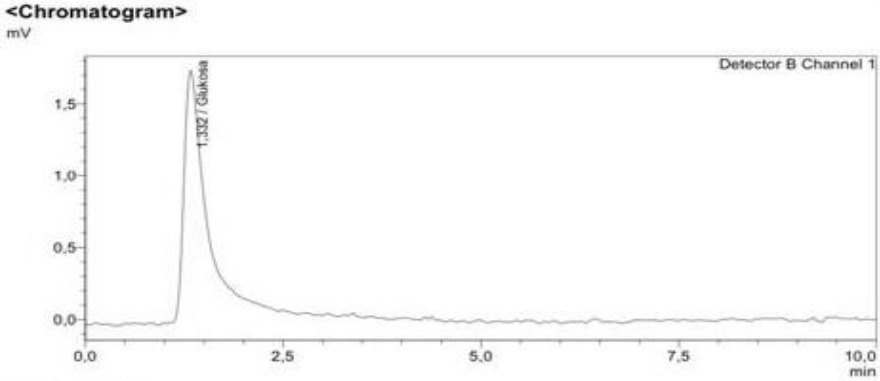
4) Selobiosa dengan katalis SZ, selama 120 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: Selobiosa 120 min		
Sample ID	:		
Data Filename	: Selobiosa 120 min.lcd		
Method Filename	: STD Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-3	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 10/6/2021 8:52:40 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 10/6/2021 9:46:40 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	1,332	36052	1754	4,367	%	SV	Glukosa
Total		36052	1754				

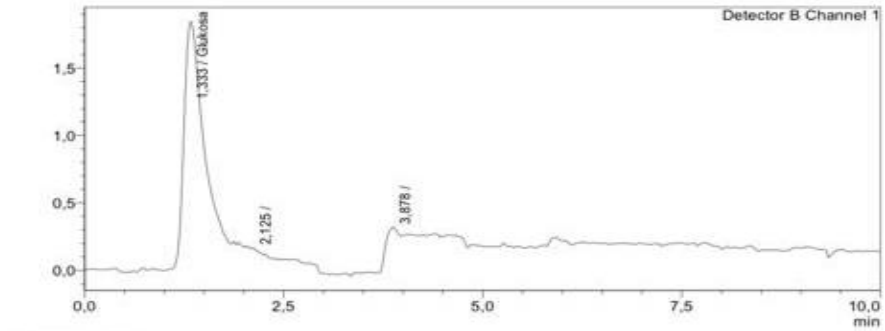
5) Selobiosa dengan katalis GSZ-10 selama 60 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: Selobiosa Ga 60 min		
Sample ID	:		
Data Filename	: Selobiosa Ga 60 min.lcd		
Method Filename	: STD Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-4	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 10/6/2021 9:21:50 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 10/6/2021 9:47:09 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	1,333	32479	1821	3,978	%		Glukosa
2	2,125	1150	91	0,000		V	
3	3,878	1840	171	0,000			
Total		35469	2083				

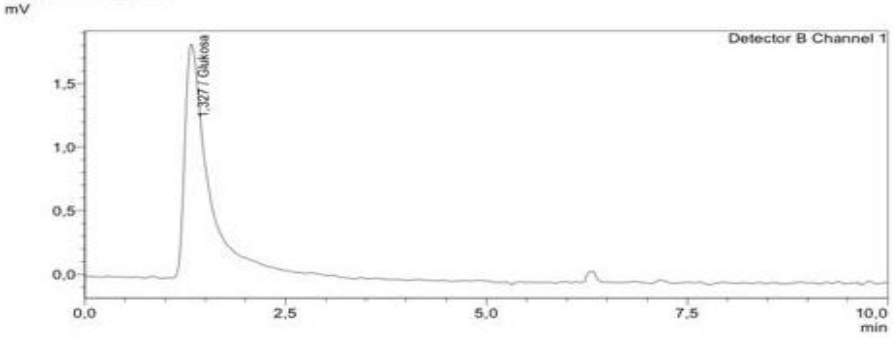
6) Selobiosa dengan katalis GSZ-10 selama 90 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: Selobiosa Ga 90 min_		
Sample ID	:		
Data Filename	: Selobiosa Ga 90 min_.lcd		
Method Filename	: STD Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-5	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 10/6/2021 10:08:04 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 10/6/2021 3:53:46 PM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	1,327	35759	1828	4,335	%		Glukosa
Total		35759	1828				

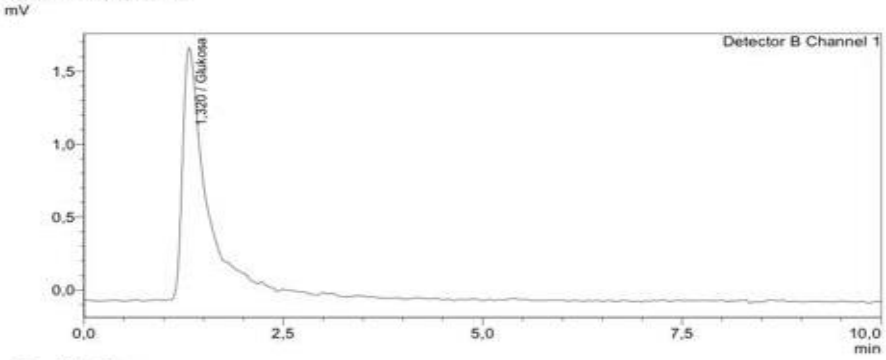
7) Selobiosa dengan katalis GSZ-10, selama 120 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: Selobiosa Ga 120 min_		
Sample ID	:		
Data Filename	: Selobiosa Ga 120 min_.lcd		
Method Filename	: STD Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-6	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 10/6/2021 10:32:28 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 10/6/2021 3:53:33 PM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	1,320	34489	1719	4,197	%	S	Glukosa
Total		34489	1719				

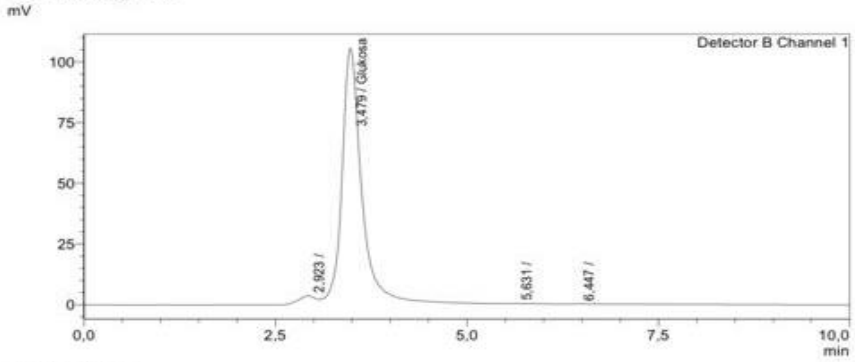
8) Selobiosa dengan katalis GSZ-5 selama 60 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel A		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel A.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-1	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 10:38:49 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:19:12 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,923	23897	2105	0,000		M	
2	3,479	1955658	105537	1,465	%	S	Glukosa
3	5,631	1233	53	0,000		T	
4	6,447	1399	81	0,000		T	
Total		1982186	107776				

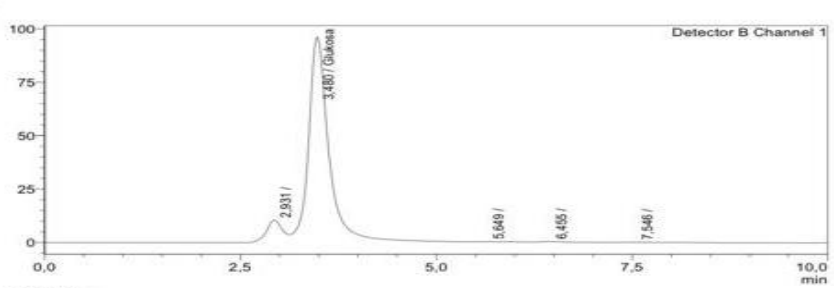
9) Selobiosa dengan katalis GSZ-5 selama 90 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel B		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel B.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-2	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 10:52:02 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:19:19 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,931	152030	10512	0,000			
2	3,480	1792492	96234	1,343	%	SV	Glukosa
3	5,649	1077	76	0,000		T	
4	6,455	5062	278	0,000		TV	
5	7,546	2423	136	0,000		T	
Total		1953084	107236				

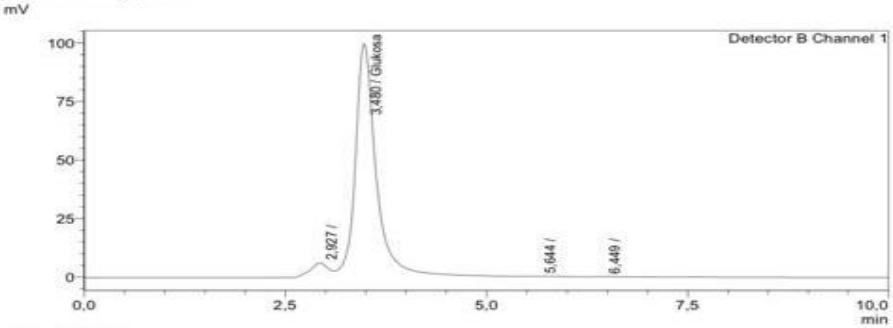
10) Selobiosa dengan katalis GSZ-5, selama 120 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel C		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel C.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-3	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 11:06:08 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:19:28 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,927	99514	6222	0,000			
2	3,480	1862780	99806	1,396	%	SV	Glukosa
3	5,644	1697	68	0,000		T	
4	6,449	1854	107	0,000		T	
Total		1965845	106203				

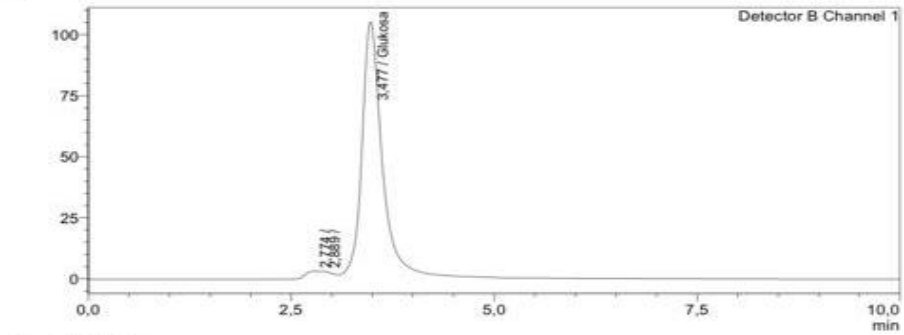
11) Selobiosa dengan katalis GSZ-10, selama 60 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel D		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel D.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-4	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 11:20:05 AM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:14:42 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,774	35189	3267	0,000			
2	2,889	36404	3174	0,000		V	
3	3,477	1887622	105279	1,414	%	V	Glukosa
Total		1959215	111720				

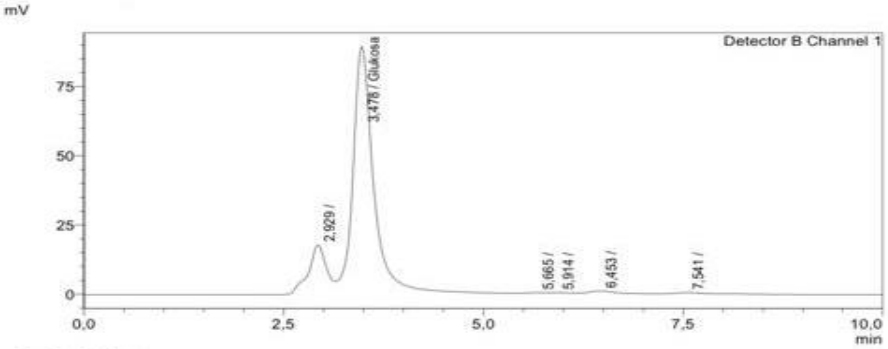
12) Selobiosa dengan katalis GSZ-10, selama 90 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name : SP-XI-1252 Sampel E
Sample ID :
Data Filename : SP-XI-1252 Sampel E.lcd
Method Filename : Std Gula.lcm
Batch Filename :
Vial # : 1-5 Sample Type : Unknown
Injection Volume : 20 uL
Date Acquired : 11/26/2021 11:33:49 AM Acquired by : System Administrator
Date Processed : 12/1/2021 11:19:38 AM Processed by : System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,929	287637	17898	0,000			
2	3,478	1668799	89482	1,250	%	SV	Glukosa
3	5,665	2819	221	0,000		T	
4	5,914	4720	260	0,000		TV	
5	6,453	19472	941	0,000		TV	
6	7,541	7644	415	0,000		T	
Total		1991091	109218				

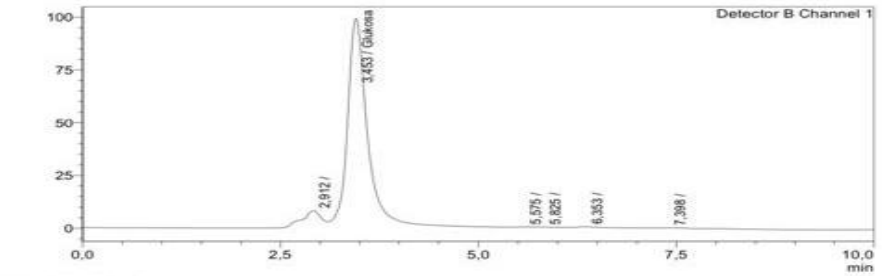
13) Selobiosa dengan katalis GSZ, selama 120 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name : SP-XI-1252 Sampel F
Sample ID :
Data Filename : SP-XI-1252 Sampel F.lcd
Method Filename : Std Gula.lcm
Batch Filename :
Vial # : 1-6 Sample Type : Unknown
Injection Volume : 20 uL
Date Acquired : 11/26/2021 12:06:05 PM Acquired by : System Administrator
Date Processed : 12/1/2021 11:14:01 AM Processed by : System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,912	147754	8278	0,000			
2	3,453	1929563	99352	1,446	%	SV	Glukosa
3	5,575	1974	148	0,000		T	
4	5,825	2869	169	0,000		TV	
5	6,353	8123	389	0,000		TV	
6	7,398	3944	190	0,000		TV	
Total		2094226	108528				

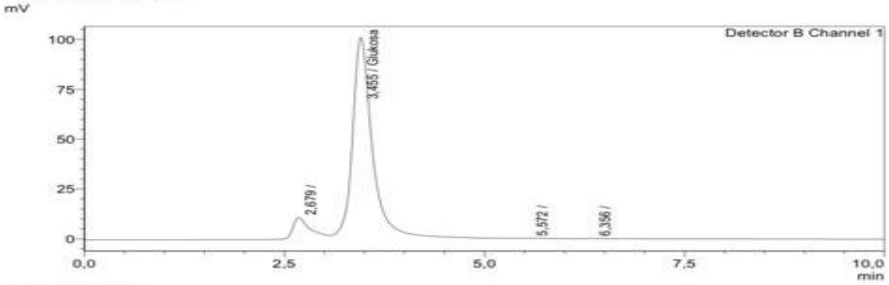
14) Selobiosa dengan katalis GSZ-2, selama 60 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel G		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel G.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-7	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 12:24:02 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:13:52 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,679	173362	10999	0,000			
2	3,455	1835244	101182	1,375	%	SV	Glukosa
3	5,572	1556	63	0,000		T	
4	6,356	1509	87	0,000		T	
Total		2011672	112331				

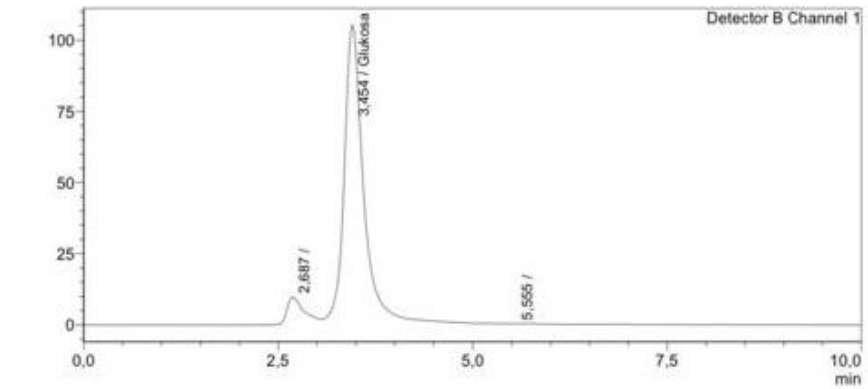
15) Selobiosa dengan katalis GSZ-2, selama 90 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel H		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel H.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-8	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 12:47:24 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:13:41 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,687	156977	9834	0,000			
2	3,454	1923260	105394	1,441	%	SV	Glukosa
3	5,555	1201	50	0,000		T	
Total		2081439	115278				

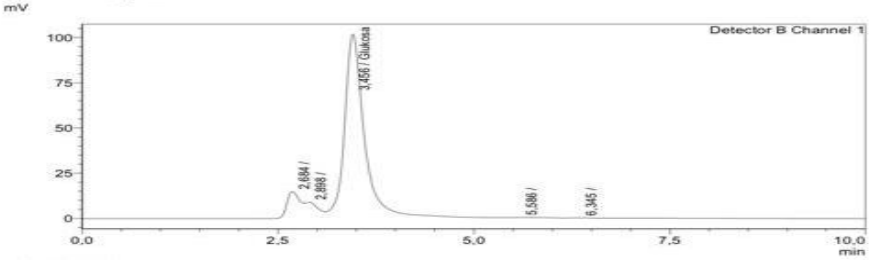
16) Selobiosa dengan katalis GSZ-2, selama 120 menit dan suhu 175˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel I		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel I.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-9	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 1:04:20 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:13:30 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,684	176001	15028	0,000			
2	2,898	109988	9065	0,000		V	
3	3,456	1889571	101799	1,416	%	SV	Glukosa
4	5,586	4128	157	0,000		T	
5	6,345	1882	106	0,000		TV	
Total		2181570	126155				

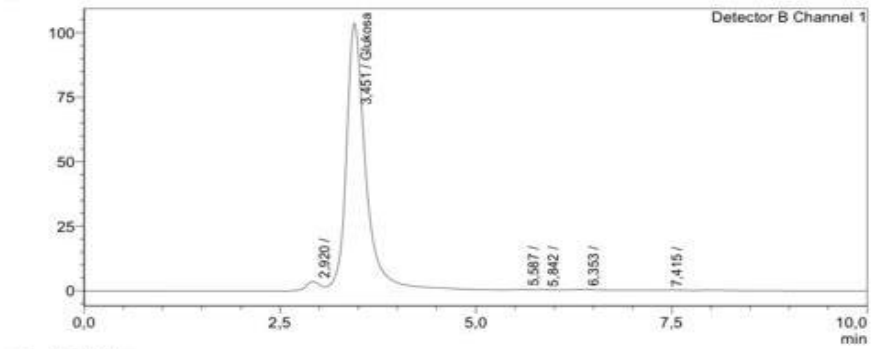
17) Selobiosa dengan katalis SZ selama 60 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel J		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel J.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-10	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 1:36:12 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:13:20 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,920	47213	3668	0,000			
2	3,451	1840437	103632	1,379	%	SV	Glukosa
3	5,587	1649	129	0,000		T	
4	5,842	2517	144	0,000		TV	
5	6,353	5881	298	0,000		TV	
6	7,415	2057	123	0,000		T	
Total		1899754	107993				

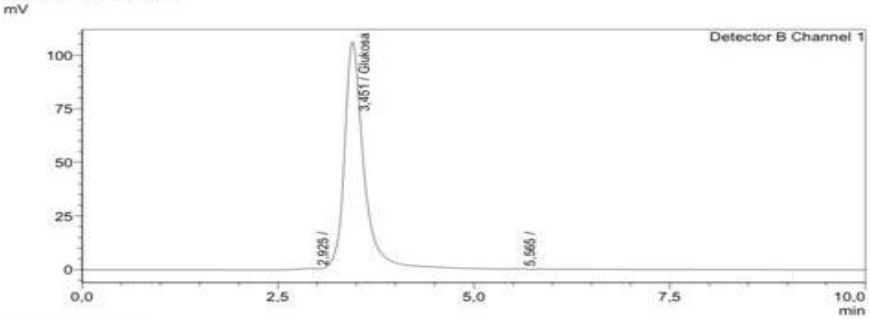
18) Selobiosa dengan katalis SZ, selama 90 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel K		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel K.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-11	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 1:47:49 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:13:12 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,925	9756	665	0,000			
2	3,451	1870240	106016	1,401	%	SV	Glukosa
3	5,565	1637	66	0,000		T	
Total		1881632	106747				

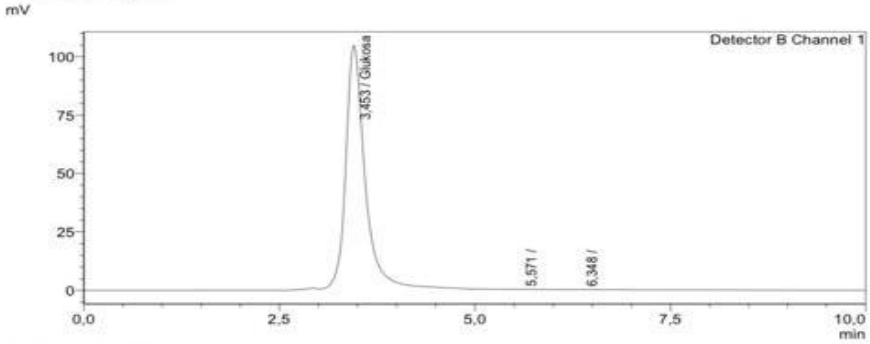
19) Selobiosa dengan katalis SZ, selama 120 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel L		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel L.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-12	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 3:43:54 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:13:01 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	3,453	1878396	104744	1,407	%	S	Glukosa
2	5,571	1555	64	0,000		T	
3	6,348	1134	64	0,000		T	
Total		1881084	104872				

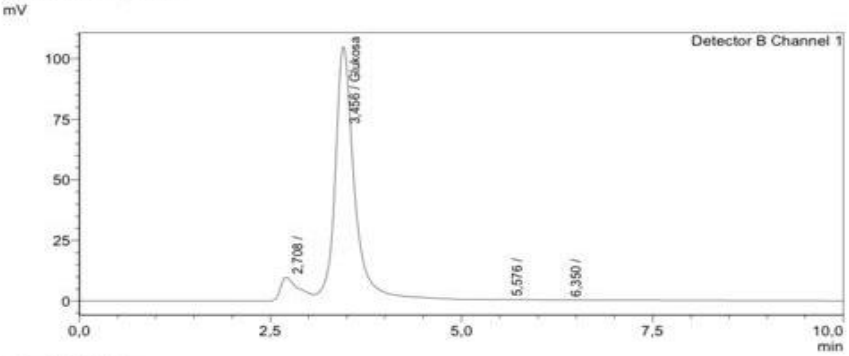
20) Selobiosa dengan katalis GSZ-2, selama 60 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel M		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel M.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-13	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 3:55:18 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:12:50 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,708	164345	9722	0,000			
2	3,456	1905697	104873	1,428	%	SV	Glukosa
3	5,576	1547	63	0,000		T	
4	6,350	1481	81	0,000		TV	
Total		2073071	114739				

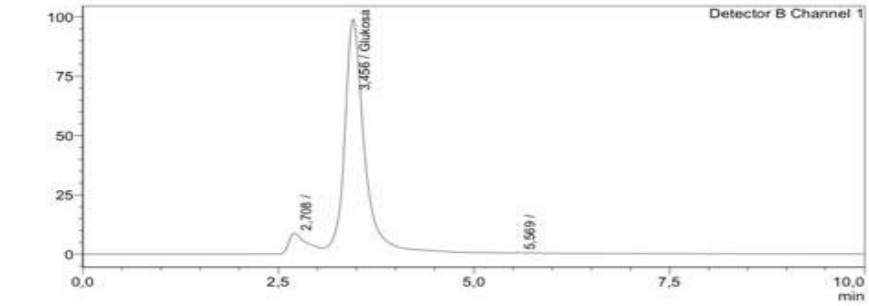
21) Selobiosa dengan katalis GSZ-2, selama 90 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel N		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel N.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-14	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 4:11:23 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:12:43 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,708	147419	8729	0,000			
2	3,456	1827693	99048	1,369	%	SV	Glukosa
3	5,569	1258	51	0,000		T	
Total		1976369	107828				

22) Selobiosa dengan katalis GSZ-2, selama 120 menit dan suhu 160˚

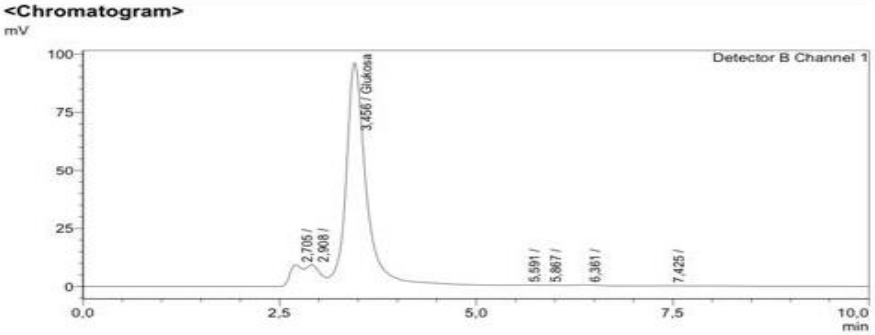
SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name : SP-XI-1252 Sampel O
Sample ID :
Data Filename : SP-XI-1252 Sampel O.lcd
Method Filename : Std Gula.lcm
Batch Filename :
Vial # : 1-15
Injection Volume : 20 uL
Date Acquired : 11/26/2021 4:22:31 PM
Date Processed : 12/1/2021 11:12:35 AM

Sample Type : Unknown
Acquired by : System Administrator
Processed by : System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,705	99143	9280	0,000			
2	2,908	124916	9331	0,000		V	
3	3,456	1774606	96098	1,330	%	SV	Glukosa
4	5,591	1381	105	0,000		T	
5	5,867	1929	113	0,000		TV	
6	6,361	6205	313	0,000		TV	
7	7,425	2394	134	0,000		T	
Total		2010574	115373				

23) Selobiosa dengan katalis GSZ-5, selama 60 menit dan suhu 160˚

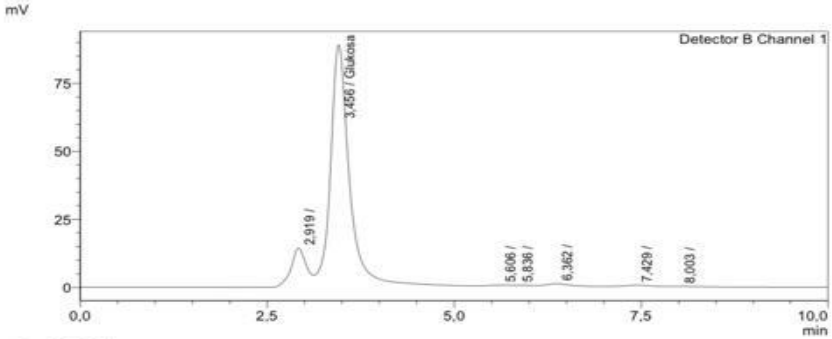
SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name : SP-XI-1252 Sampel P
Sample ID :
Data Filename : SP-XI-1252 Sampel P.lcd
Method Filename : Std Gula.lcm
Batch Filename :
Vial # : 1-16
Injection Volume : 20 uL
Date Acquired : 11/26/2021 4:33:45 PM
Date Processed : 12/1/2021 11:12:24 AM

Sample Type : Unknown
Acquired by : System Administrator
Processed by : System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,919	208512	14387	0,000			
2	3,456	1675672	89070	1,256	%	SV	Glukosa
3	5,606	3643	292	0,000		T	
4	5,836	6826	363	0,000		TV	
5	6,362	18708	926	0,000		TV	
6	7,429	10405	473	0,000		TV	
7	8,003	4566	177	0,000		TV	
Total		1928332	105688				

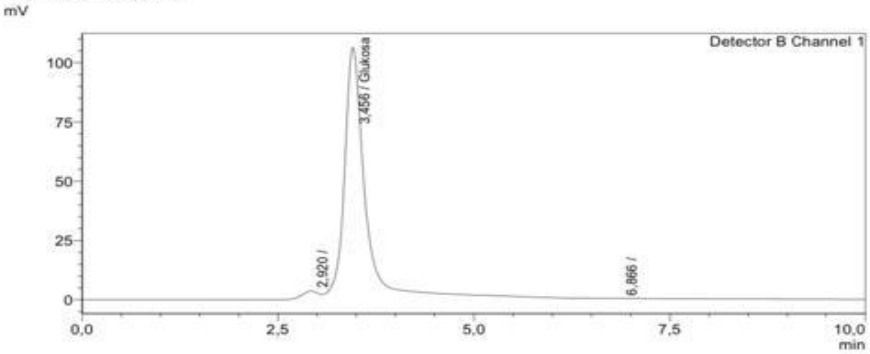
24) Selobiosa dengan katalis GSZ-5, selama 90 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel Q		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel Q.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-17	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 5:27:52 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:12:11 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,920	53582	3596	0,000			
2	3,456	2071577	106326	1,552	%	SV	Glukosa
3	6,866	1590	58	0,000		T	
Total		2126749	109979				

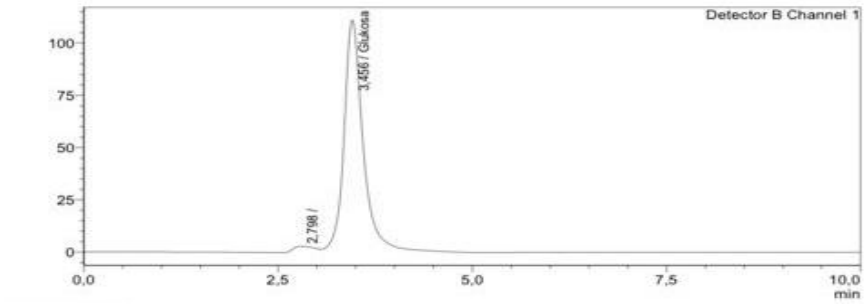
25) Selobiosa dengan katalis GSZ-5, selama 120 menit dan suhu 160˚

SHIMADZU LabSolutions **Analysis Report**

<Sample Information>

Sample Name	: SP-XI-1252 Sampel R		
Sample ID	:		
Data Filename	: SP-XI-1252 Sampel R.lcd		
Method Filename	: Std Gula.lcm		
Batch Filename	:		
Vial #	: 1-18	Sample Type	: Unknown
Injection Volume	: 20 uL		
Date Acquired	: 11/26/2021 5:47:21 PM	Acquired by	: System Administrator
Date Processed	: 12/1/2021 11:12:01 AM	Processed by	: System Administrator

<Chromatogram>



<Peak Table>

Detector B Channel 1

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,798	56994	3015	0,000			
2	3,456	1936905	111165	1,451	%	V	Glukosa
Total		1993899	114180				

Lampiran 6 penentuan massa $Ga_2(SO_4)_3$ sebagai promotor Ga_2O_3 pada katalis

Perbandingan mol

$Ga_2(SO_4)_3 \longrightarrow Ga_2O_3$

Mol 1 : 1

- Mr $Ga_2(SO_4)_3$ = 427,63 g /mol
- Mr Ga_2O_3 = 187,44 g/mol

Dibuat promotor 2%, 5% dan 10% terhadap 10 gram katalis

Volume pori yang didapat ditampung katalis sebesar 0,396 cm^3/g

- Promotor Ga_2O_3 2% $= \frac{0,02 \text{ gr}}{187,44}$

  = 0,0002 mol × 427,63 g/mol

  = 0,0427 gram

Pelarut 0,4 mL untuk 1 gram katalis, jadi jika 10 gr maka pelarut katalis 4 ml

- Promotor Ga_2O_3 5% $= \frac{0,05 \text{ gr}}{187,44}$

  = 0,0002 mol × 427,63 g/mol

  = 0,0855 gram

Pelarut 0,4 mL untuk 1 gram katalis, jadi jika 10 gr maka pelarut katalis 4 ml

- Promotor Ga_2O_3 10% $= \frac{0,1 \text{ gr}}{187,44}$

  = 0,0005 mol × 427,63 g/mol

  = 0,2138 gram

Pelarut 0,4 mL untuk 1 gram katalis, jadi jika 10 gr maka pelarut katalis 4 ml