

**PEMANFAATAN KATALIS ZEOLIT ALAM TERIMPREGNASI LOGAM Sn
DALAM REAKSI ISOMERISASI GLUKOSA
DENGAN VARIASI SUHU REAKSI**

SKRIPSI

Oleh :

DWI PUTRI WORO PAMUNGKAS

NIM. 10630070



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2014**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

**Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)**

Oleh :

DWI PUTRI WORO PAMUNGKAS

NIM. 10630070

JURUSAN KIMIA

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**

2014

**PEMANFAATAN KATALIS ZEOLIT ALAM TERIMPREGNASI LOGAM Sn
DALAM REAKSI ISOMERISASI GLUKOSA
DENGAN VARIASI SUHU REAKSI**

SKRIPSI

**Oleh :
DWI PUTRI WORO PAMUNGKAS
NIM. 10630070**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji :
Tanggal : 3 Juli 2014

Pembimbing I

Pembimbing II

Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821104 200901 2 007

Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**PEMANFAATAN KATALIS ZEOLIT ALAM TERIMPREGNASI LOGAM Sn
DALAM REAKSI ISOMERISASI GLUKOSA
DENGAN VARIASI SUHU REAKSI**

SKRIPSI

Oleh :
DWI PUTRI WORO PAMUNGKAS
NIM. 10630070

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 3 Juli 2014

Penguji Utama : Elok Kamilah Hayati, M.Si (.....)
NIP. 19790620 200604 2 002

Ketua Penguji : Anik Maunatin, MP. (.....)
NIPT. 201402012412

Sekretaris Penguji : Suci Amalia, M.Sc (.....)
NIP. 19821104 200901 2 007

Anggota Penguji : Ahmad Abtokhi, M.Pd (.....)
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Putri Woro Pamungkas

NIM : 10630070

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Kimia

Judul Penelitian : **Pemanfaatan Katalis Zeolit Alam Terimpregnasi Logam Sn dalam Reaksi Isomerisasi Glukosa Dengan Variasi Suhu Reaksi**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Juli 2014

Yang Membuat Pernyataan,

Dwi Putri Woro Pamungkas
NIM. 10630070



halaman persembahan

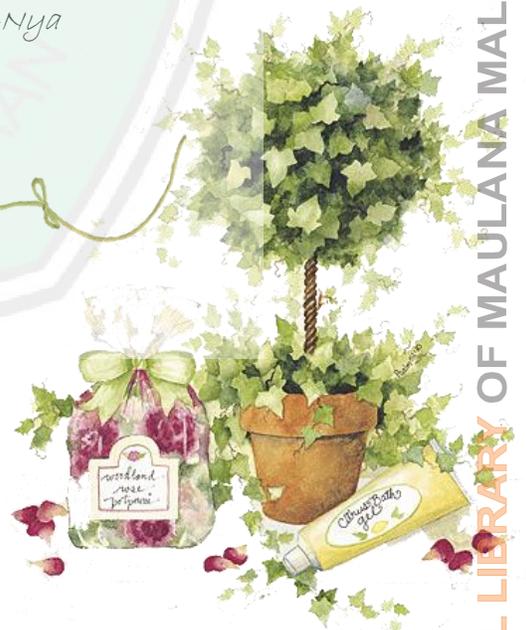
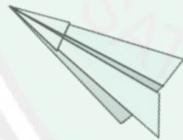
*untuk ayah, ibuk, mas dan keluargaku tercinta,
alasanaku untuk selalu berjuang, tempatku untuk kembali pulang.*

*untuk teman-temanku tersayang,
tempatku tertawa lepas dan mengerti arti kebersamaan.*

*untuk dosen-dosen yang selalu kuhormati
terima kasih untuk ilmu yang telah menerangi jalan gelap ini*

*semoga tulisan ini membawa manfaat
dan pengingatku atas kebesaran-Nya*

wallahua'lam bish-shawab



Motto



Always
there is a way
if there is a will



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya atas terselesaikan skripsi dengan judul : “Pemanfaatan Katalis Zeolit Alam Terimpregnasi Logam Sn dalam Reaksi Isomerisasi Glukosa Dengan Variasi Suhu Reaksi” ini tepat pada waktunya. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad Saw. yang telah membimbing kita ke jalan yang benar, yaitu jalan yang diridhoi Allah Swt.

Seiring dengan terselesaikannya penyusunan skripsi ini, dengan penuh rasa hormat, kesungguhan, dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang Bapak Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M.Si
2. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang Ibu Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si
3. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus penguji Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si

4. Pembimbing dan Konsultan Ibu Suci Amalia, M.Sc dan Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si yang senantiasa membantu dalam penyusunan skripsi ini
5. Bapak-Ibu peguji Ahmad Abtokhi, M.Pd dan Anik Maunatin, M.P atas segala masukan dan kritik yang membangun demi terselesaikannya skripsi ini
6. A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku dosen wali yang telah membimbing penulis sejak awal masa studi
7. Kedua orang tua tercinta dan seluruh keluarga besar yang telah mendukung dan sepenuh hati memberikan do'a sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
8. Segenap laboran dan staf administrasi kimia yang telah banyak membantu sehingga skripsi ini terselesaikan
9. Teman – teman seperjuangan angkatan 2010 Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang banyak membantu, berbagi semangat dan dukungan.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari semua pihak sangat kami harapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat membawa manfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

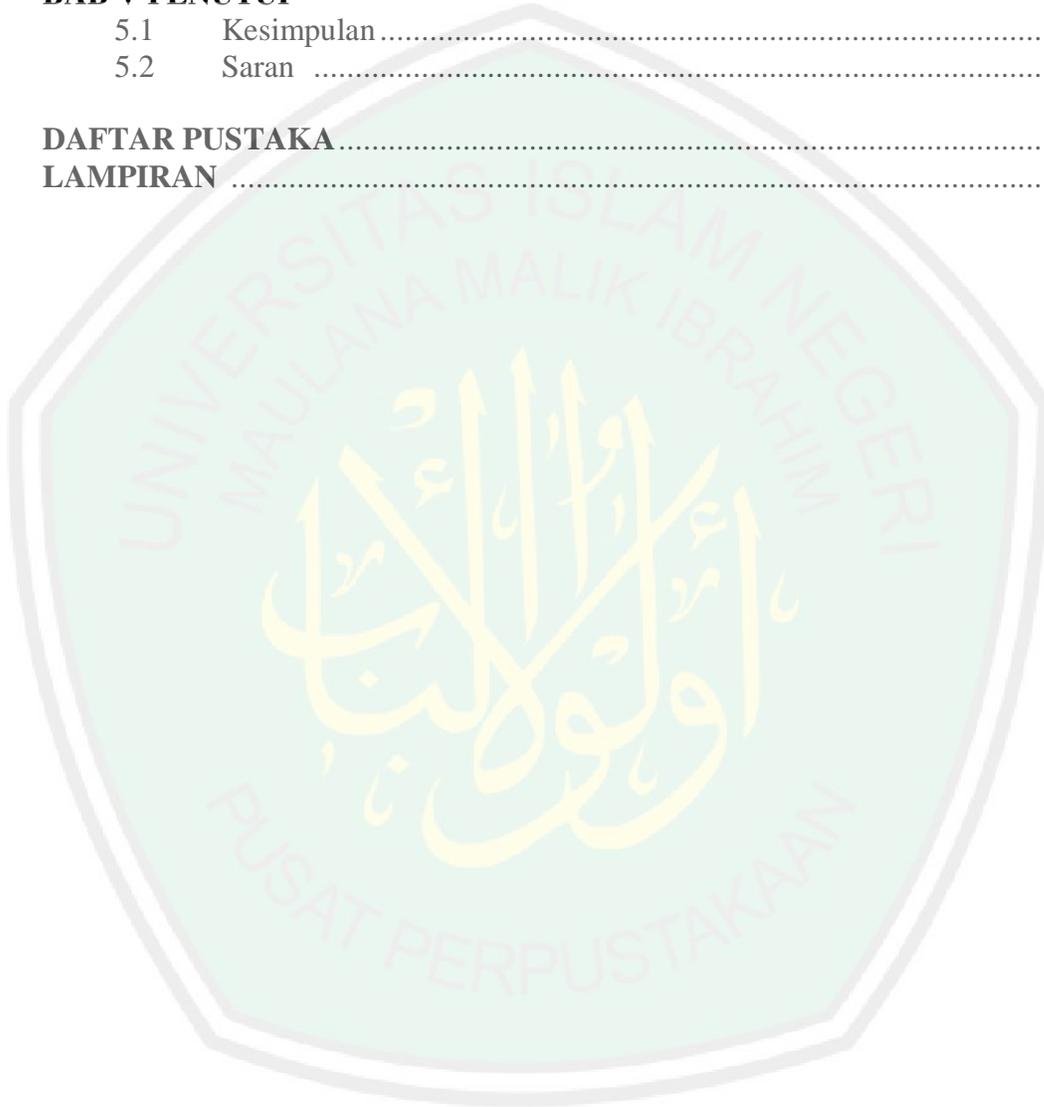
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan	8
1.4 Batasan Masalah.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Struktur Karakter Zeolit	10
2.1.1 Zeolit Mordenit	17
2.1.2 Aktivasi Zeolit	18
2.1.3 Impregnasi	21
2.2 Isomerisasi Glukosa	24
2.3 Karakterisasi	28
2.3.1 Analisis Kristalinitas dengan XRD	28
2.3.2 Analisis Luas Permukaan Metode <i>Methylen Blue</i>	30
2.3.3 Keasaman Permukaan	31
2.3.4 Polarimeter	33
2.3.5 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	35
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	38
3.2 Alat dan Bahan	38
3.2.1 Alat	38

3.2.2	Bahan	39
3.3	Rancangan Penelitian	39
3.4	Tahapan Penelitian	40
3.5	Prosedur Penelitian	41
3.5.1	Preparasi Zeolit Alam	41
3.5.2	Aktivasi Zeolit Alam	41
3.5.3	Modifikasi H-ZA dengan Metode Impregnasi.....	42
3.5.4	Karakterisasi	42
3.5.4.1	Karakterisasi dengan XRD	42
3.5.4.2	Karakterisasi dengan SEM-EDAX	42
3.5.4.3	Analisis Keasaman dengan Metode Adsorpsi Amoniak	43
3.5.4.4	Analisis Luas Permukaan dengan Metode Adsorpsi <i>Methylen Blue</i>	43
3.5.5	Penentuan Aktivitas Katalitik H-ZA dan Sn-HZA pada Reaksi Isomerisasi Glukosa	45
3.5.5.1	Isomerisasi Glukosa	45
3.5.5.2	Analisis Hasil Isomerisasi dengan Polarimeter	45
3.5.5.3	Analisis Hasil Isomerisasi Glukosa dengan HPLC	46
3.6	Analisis Data	48

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Preparasi Zeolit Alam Malang	49
4.2	Aktivasi Zeolit Alam Malang	50
4.3	Modifikasi H-ZA dengan Metode Impregnasi	51
4.4	Karakterisasi	53
4.4.1	Karakterisasi dengan XRD	53
4.4.2	Karakterisasi dengan SEM-EDAX	55
4.4.3	Analisis Keasaman dengan Metode Adsorpsi Amoniak	57
4.4.4	Analisis Luas Permukaan dengan Metode Adsorpsi <i>Methylen Blue</i>	58
4.4.4.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimal	59
4.4.4.2	Penentuan Waktu Kestabilan kompleks <i>Methylen Blue</i>	60
4.4.4.3	Pembuatan Kurva Baku	61
4.4.4.4	Penentuan Luas Permukaan Zeolit	62
4.5	Penentuan Aktivitas Katalitik H-ZA dan Sn-HZA pada Reaksi Isomerisasi Glukosa	65
4.5.1	Isomerisasi Glukosa	65
4.5.2	Analisis Hasil Isomerisasi dengan Polarimeter	68
4.5.2.1	Penentuan Sudut Putar Bidang Polarisasi Spesifik Glukosa dan Fruktosa	68
4.5.2.2	Analisis Hasil Konversi Glukosa dengan Polarimeter	70

4.5.3	Analisis Hasil Isomerisasi dengan HPLC.....	73
4.6	Kinetika Reaksi Isomerisasi Glukosa.....	79
4.7	Hasil Penelitian Ditinjau dari Perspektif Islam	82
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan.....	86
5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA.....		87
LAMPIRAN		92



DAFTAR TABEL

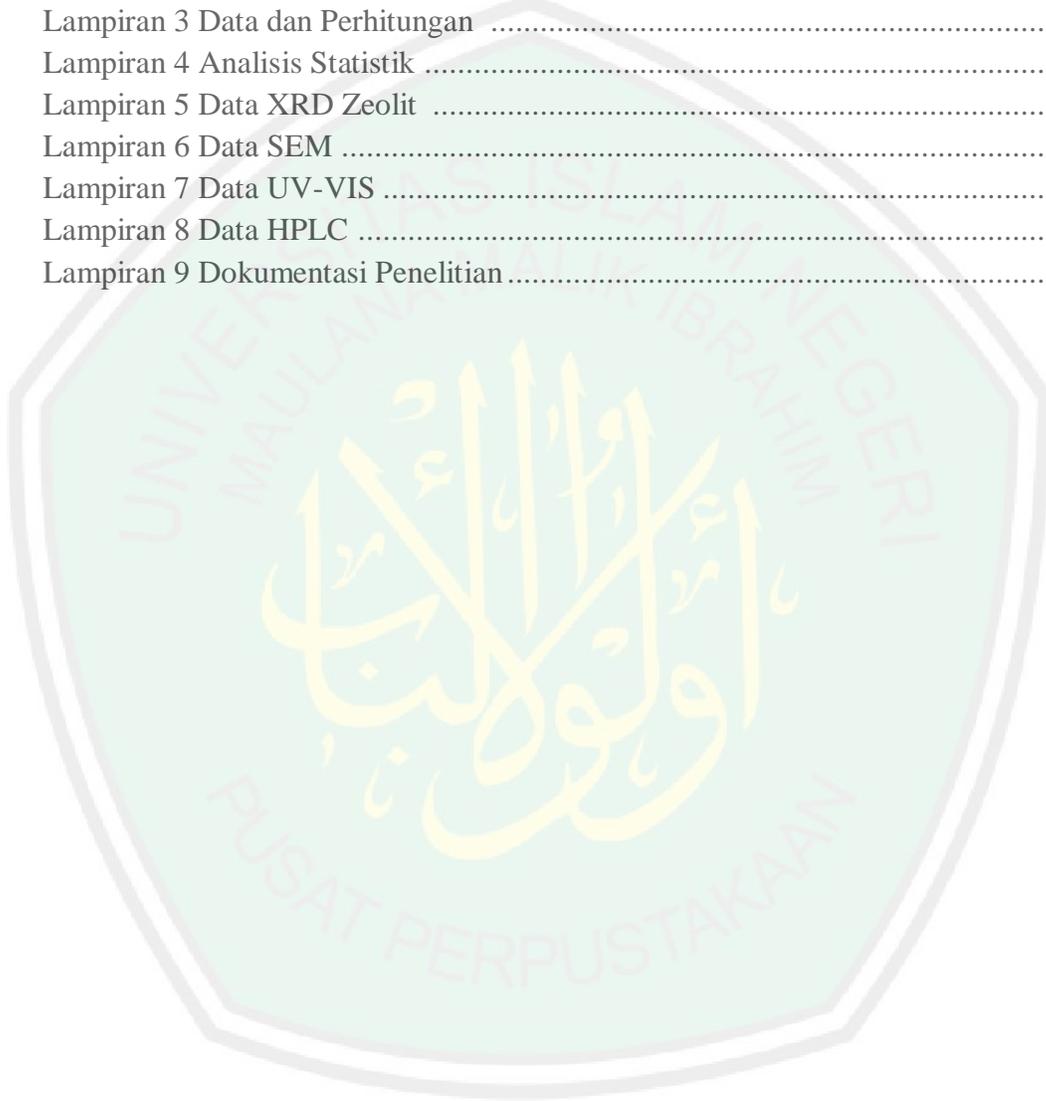
Tabel 2.1 Hasil analisis XRF kandungan zeolit alam Malang	14
Tabel 2.2 Jenis gula berdasarkan tingkat kemanisan	25
Tabel 2.3 Beberapa rotasi jenis senyawa optis aktif dalam pelarut air	35
Tabel 4.1 Perbandingan puncak khas H-ZA, Sn-HZA, dan SnCl ₂	55
Tabel 4.2 Kandungan unsure-unsur dalam zeolit modifikasi.....	56
Tabel 4.3 Keasaman total zeolit	58
Tabel 4.4 Luas permukaan zeolit.....	64
Tabel 4.5 Luas area hasil analisis HPLC	77
Tabel 4.6 Hasil isomerisasi analisis HPLC	77
Tabel 4.7 Nilai regresi persamaan orde reaksi isomerisasi glukosa	79
Tabel 4.8 Energi aktivasi reaksi isomerisasi glukosa	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Model unit pembangun primer	12
Gambar 2.2	Unit pembangun sekunder.....	13
Gambar 2.3	Unit Pembangun Tersier	13
Gambar 2.4	Bentuk H-zeolit	20
Gambar 2.5	Skema representasi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa dan Skema representasi mekanisme reaksi isomerisasi glukosa menggunakan katalis logam	27
Gambar 2.6	Pantulan sinar X oleh bidang S1-S1 dan S2-S2 pada jarak d.....	30
Gambar 2.7	Proses pemutaran bidang getar cahaya terpolarisasi	34
Gambar 4.1	Mekanisme terbentuknya zeolit teraktivasi	51
Gambar 4.2	Difraktogram zeolit alam Malang.....	53
Gambar 4.3	Perbandingan pola difraksi H-ZA, Sn-HZA dan SnCl ₂	54
Gambar 4.4	Hasil SEM morfologi Sn-HZA perbesaran 10.000 kali dan perbesaran 20.000 kali	56
Gambar 4.5	Panjang gelombang maksimal <i>methylen blue</i>	59
Gambar 4.6	Kurva kestabilan <i>methylen blue</i>	61
Gambar 4.7	Kurva baku <i>methylen blue</i> konsentrasi 1-8 ppm	62
Gambar 4.8	Struktur <i>methylen blue</i>	63
Gambar 4.9	Kurva kesetimbangan adsorpsi <i>methylen blue</i> oleh zeolit	63
Gambar 4.10	Skema representasi dugaan mekanisme reaksi isomerisasi Glukosa menjadi fruktosa dengan katalis zeolit terimpregnasi logam Sn	66
Gambar 4.11	Skema pembentukan manosa	68
Gambar 4.12	Grafik hasil pengukuran α_{sg}	69
Gambar 4.13	Grafik hasil pengukuran α_{sf}	69
Gambar 4.14	Grafik konversi glukosa hasil analisa dengan polarimeter	71
Gambar 4.15	Kromatogram glukosa, fruktosa, dan manosa standar	74
Gambar 4.16	Kromatogram hasil pemisahan senyawa glukosa, manosa dan fruktosa dalam berbagai sampel	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerja.....	92
Lampiran 2 Pembuatan Reagen	99
Lampiran 3 Data dan Perhitungan	107
Lampiran 4 Analisis Statistik	134
Lampiran 5 Data XRD Zeolit	138
Lampiran 6 Data SEM	145
Lampiran 7 Data UV-VIS	146
Lampiran 8 Data HPLC	153
Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian.....	159



ABSTRAK

Pamungkas, Dwi Putri W. 2014. **Pemanfaatan Katalis Zeolit Alam Terimpregnasi Logam Sn Dalam Reaksi Isomerisasi Glukosa Dengan Variasi Suhu Reaksi**. Pembimbing I: Suci Amalia, M.Sc., Pembimbing II: Ahmad Abtokhi, M.Pd., Konsultan : Susi Nurul Khalifah, M.Si.

Kata Kunci : Zeolit Alam, logam Sn, isomerisasi, glukosa, suhu

Zeolit alam ditemukan berlimpah dalam beberapa wilayah di Indonesia, salah satunya dari daerah Malang. Dengan jumlah yang berlimpah ini maka zeolit alam malang perlu dimanfaatkan salah satunya sebagai katalis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik katalis zeolit teraktivasi dan zeolit modifikasi serta untuk mengetahui aktivitas katalitiknya pada reaksi isomerisasi glukosa.

Zeolit alam diaktivasi menggunakan NH_4NO_3 2 M menghasilkan katalis HZA. Sedangkan modifikasi menggunakan logam Sn 0,24 M yang diimpregnasikan pada HZA menghasilkan katalis Sn-HZA. Pada tahap tersebut dilakukan proses hidrotermal dengan suhu $90\text{ }^\circ\text{C}$ selama 12 jam dilanjutkan kalsinasi dengan suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam. Karakterisasi meliputi analisis XRD, SEM-EDAX, analisis keasaman metode adsorpsi amoniak dan analisis luas permukaan metode adsorpsi *methylen blue*. HZA dan Sn-HZA diaplikasikan pada reaksi isomerisasi glukosa dengan metode *batch*. Konversi glukosa diperoleh melalui analisis polarimeter pada setiap jam ke-0, 1, 2, 3 dan 4 dengan variasi suhu 110 , 120 dan $130\text{ }^\circ\text{C}$. Larutan hasil analisis polarimeter yang menghasilkan konversi terbesar dianalisis dengan HPLC.

Analisis XRD menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan struktur pada zeolit setelah proses aktivasi dan modifikasi. Analisis dengan SEM-EDAX menunjukkan bahwa morfologi permukaan zeolit tidak rusak dan logam Sn yang berhasil diimpregnasikan sebesar 6,94 %. Keasaman HZA dan Sn-HZA yang diperoleh sebesar 1,4850 mmol/gr dan 2,3145 mmol/gr. Sedangkan luas permukaan H-ZA dan Sn-HZA sebesar $11,4077\text{ m}^2/\text{gr}$ dan $11,4738\text{ m}^2/\text{gr}$. Penggunaan katalis Sn-HZA dengan suhu reaksi $120\text{ }^\circ\text{C}$ dapat memberikan konversi glukosa dan selektivitas fruktosa terbesar yaitu 14,0737 % b/v dan 0,646 % b/v.

ABSTRACT

Pamungkas, Dwi Putri W. 2014. **Utilization of Natural Zeolite Catalyst Impregnated Sn Metal in Glucose Isomerization With Temperature Variations.** Supervisor I: Suci Amalia, M.Sc., Supervisor II: Ahmad Abtokhi, M.Pd., Consultant : Susi Nurul Khalifah, M.Si.

Keywords : Natural zeolite, Sn metal, isomerization, glucose, temperature

Natural zeolites are found abundance in Indonesia, such as in Malang. Due to this amount, it needs to be utilized such as to be catalyst. The aims of this study are to investigate the characteristic of the activated zeolite catalyst and modification zeolite, and also to investigate the catalytic activity in the isomerization of glucose.

Natural zeolite was activated by NH_4NO_3 2 M obtained catalyst HZA. While modification using 0,24 M Sn metal impregnated on HZA obtained catalyst Sn-HZA. At this stage, hydrothermal process carried out at temperature of 90 °C for 12 hours followed by calcination at temperature of 500 °C for 4 hours. The characterization includes the XRD analysis, SEM-EDAX analysis, acidity by ammonia method, and surface area by adsorption of methylene blue method. Glucose conversion was obtained through analysis of polarimeter at hour-0, 1, 2, 3, and 4 with temperature variation of 110, 120, and 130 °C. Solution which had the highest conversion resulted by polarimeter was analyzed by HPLC.

XRD analysis showed that there were no changes in the structure of zeolite after activation and modification process. SEM-EDAX analysis showed that morphology of the zeolite surface is not damaged and Sn metal was successfully impregnated 6,94 %. The activity of HZA and Sn-HZA was 1,4850 mmol/g and 2,3145 mmol/g. while the surface area of HZA and Sn-HZA was 11,4077 m^2/g and 11,4738 m^2/g . Using the Sn-HZA catalyst with the reaction temperature of 120 °C provides the highest conversion of glucose and fructose selectivity. It were 14,0733 % w/v and 0,646 % w/v.

مستخلص البحث

فامونكاس ، ديوي بوتري و. عام 2014. الاستفادة من المحفزات الطبيعية الزيوليت المعادن مشربة القصدير في ردود الفعل الجلوكوز ايزوميرة مع وجود اختلافات رد فعل درجة الحرارة. المشرف الأول: أماليا سوجي الماجستير ، المشرف الثاني: أحمد أبطقي الماجستير ، الاستشاري: سوسي نور الخليفة، الماجستير

الكلمات الرئيسية: الزيوليت الطبيعي، القصدير المعدن، المماكبة، والجلوكوز، ودرجة الحرارة

تم العثور على زيوليت الطبيعي في وفرة في بعض المناطق في إندونيسيا، واحدة من المناطق من مالانج. مع كمية وفيرة من الفقراء الزيوليت الطبيعي واحد ثم يحتاج إلى أن تستخدم كعامل حفاز. تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على خصائص محفز الزيوليت تنشيط وتعديل الزيوليت والتحقيق في النشاط التحفيزي في المماكبة من الجلوكوز. تم تفعيل الزيوليت الطبيعي بنسبة $M 2 NH_4NO_3$ تنتج المواد الحفازة HZA . في حين التعديل باستخدام $M 0.24$ القصدير المعدن مشربة على محفز القصدير، HZA المنتجات HZA . فهذه المرحلة العمليات الحرارية المائية التي أجريت عند درجة حرارة 90 درجة مئوية لمدة 12 ساعة تليها درجة حرارة تجميخ من 500 درجة مئوية لمدة 4 ساعات. ويشمل توصيف وتحليل XRD ، SEM-EDAX ، أساليب التحليل الحموضة والأمنيا الامتزاز تحليل مساحة الميثيلين الأزرق طريقة الامتزاز HZA . والقصدير، HZA تطبيقها على المماكبة الجلوكوز إلى الأسلوب دفعة واحدة . تم الحصول على تحويل الجلوكوز من خلال تحليل الإستقطاب في أي ساعة ل- 0، 1، 2، 3 و 4 مع اختلاف درجة حرارة 110 و 120 و 130 درجة مئوية. تم تحليل نتائج التحليل حل الإستقطاب التي تنتج أكبر التحويل بواسطة HPLC .

وأظهر تحليل XRD أن أي تغيير في هيكل الزيوليت بعد تفعيل وعملية التعديل. وأظهر تحليل SEM-EDAX أن مورفولوجية السطح الزيوليت غير معطوب والقصدير المعدن ناجحة HZA إيفريكناسي 6.94%. الحموضة والقصدير، HZA الحصول على 1.4850 مليمول / ز و 2.3145 مليمول / ز. في حين أن مساحة سطح HZA والقصدير، HZA في $m^2/gr 11.4738$ و $m^2/gr 11.4077$. استخدام القصدير، HZA حافزا مع درجة حرارة التفاعل من 120 درجة مئوية لتوفير تحويل الجلوكوز والفركتوز أكبر الانتقائية هي 14.0737% ث / ت و 0.646% ث / ضد



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gula merupakan bahan tambahan yang berfungsi sebagai pemanis dalam pembuatan makanan maupun minuman. Gula juga merupakan salah satu sumber energi yang diperlukan bagi tubuh, sehingga gula sangat penting dalam kehidupan manusia. Gula yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah gula sukrosa yang berasal dari tebu. Gula yang seringkali digunakan dalam industri makanan dan minuman adalah gula sintetis seperti sakarin, aspartam dan natrium siklamat. Gula sintetis ini memiliki efek yang lebih beresiko bagi kesehatan daripada pemanis alami. Padahal makanan dan minuman yang kaya akan gula ini banyak digemari oleh anak-anak hingga orang dewasa. Kadar penggunaan gula sintetis diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 722/MENKES/PER/IX/1988. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dikembangkan bahan pemanis alami lain yaitu fruktosa.

Fruktosa memiliki tingkat kemanisan 2,5 kali lebih tinggi dibanding sirup glukosa dan 1,8 kali lebih tinggi dibanding gula sukrosa. Penggunaan fruktosa dalam industri permen, minuman dan kue, akan lebih menguntungkan jika dibandingkan penggunaan sukrosa. Karena dibutuhkan jumlah fruktosa yang lebih sedikit untuk mencapai tingkat kemanisan yang setara dengan penggunaan sukrosa (Barclay, dkk., 2012). Sirup fruktosa juga memiliki indeks glikemik lebih rendah (32 ± 2) daripada glukosa (138 ± 4) maupun sukrosa (87 ± 2). Indeks glikemik

yang lebih rendah tersebut menyebabkan sirup fruktosa dapat digunakan sebagai pemanis bagi penderita diabetes (Prabawati, 2006).

Kegunaan fruktosa selain dalam bidang makanan dan minuman adalah sebagai material awal dalam sintesis *hydroxymethylfurfural* (HMF). Senyawa ini telah dikenal sebagai prekursor penting dalam produksi *biofuel*. Hal ini menunjukkan bahwa fruktosa juga bermanfaat dalam upaya pengembangan bahan bakar alternatif berbasis biomasa (Barclay, dkk., 2012).

Fruktosa dapat dihasilkan melalui reaksi isomerisasi glukosa dengan bantuan katalis. Reaksi isomerisasi ini biasanya dikatalisis oleh enzim amobil atau xilosa isomerase. Proses enzimatik sangat selektif, tetapi memiliki beberapa kelemahan yaitu biaya pengolahan yang lebih tinggi akibat membutuhkan larutan penyangga untuk mempertahankan pH, operasi suhu yang terbatas, membutuhkan tingkat kemurnian tinggi, dan penggantian enzim secara periodik karena adanya *irreversible deactivation* (Leshkov, dkk., 2010). Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka katalis enzim dapat diganti dengan katalis anorganik.

Keunggulan dari katalis anorganik adalah memiliki dan mempertahankan aktivitas tinggi pada siklus berlipat-ganda, mudah diregenerasi dan bekerja pada rentang temperatur yang luas serta efektif beroperasi pada kondisi asam (Moliner, dkk., 2010). Zeolit adalah salah satu jenis katalis anorganik berupa mineral yang terbentuk dari abu gunung berapi dan garam laut selama jutaan tahun dan terdapat dalam jumlah melimpah pada hampir semua belahan bumi termasuk di Indonesia.

Zeolit memiliki banyak kegunaan diantaranya sebagai adsorben, sebagai penukar kation, dan sebagai katalis atau penyangga (Istadi, 2011). Oleh karena itu

zeolit dapat diaplikasikan pada bidang pertanian, pengolahan limbah, dan reaksi yang membutuhkan katalis sehingga dihasilkan produk yang bermanfaat. Jumlah dan manfaat yang melimpah ini merupakan bentuk rahmat dari Allah SWT kepada manusia. Hal ini telah diterangkan dalam surat al-Jatsiyah ayat 13 yaitu:

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١٣﴾

“Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir” (QS.al Jatsiyah:13).

Al-Qarni (2007) dalam Tafsir *Muyassar* menyebutkan bahwa Allah telah menundukkan segala sesuatu yang ada di langit, seperti matahari, bulan, bintang, galaksi dan awan bagi hamba-hamba-Nya. Dia juga menundukkan semua yang ada di bumi, seperti hewan, tumbuhan dan bahkan benda-benda mati agar semuanya dimanfaatkan oleh hamba-hamba-Nya. Semua ciptaan Allah pasti memiliki manfaat. Oleh sebab itu manusia sudah seharusnya terus berfikir agar dapat memanfaatkan segala rahmat Allah SWT tersebut untuk memenuhi segala kebutuhannya, menyadari kebesarannya dan mengikhlaskan beribadah hanya kepada-Nya.

Daerah Malang Selatan memiliki zeolit alam yang cukup melimpah. Kandungan utama zeolit alam Malang adalah mineral mordenit (MOR). Menurut Laniwati (1999), persen mineral modernit pada zeolit alam Malang sebesar 55-85 % yang menunjukkan kandungan mineral tersebut relatif tinggi. Modernit

merupakan mineral zeolit yang memiliki rumus empiris $(Ca,Na_2,K_2)Al_2Si_{10}O_{24}\cdot 7(H_2O)$. Mordenit adalah salah satu jenis zeolit alam dengan rasio Si/Al yang tinggi. Semakin tinggi rasio Si/Al semakin tinggi pula keasaman zeolit (Setiadi dan Astri, 2007). Keasaman yang tinggi dapat meningkatkan stabilitas termal dan berpengaruh pada proses konversi katalitik senyawa organik (Setiadi dan Dariyus, 2006).

Zeolit alam Malang dapat ditingkatkan aktivitas katalitiknya dengan memperbaiki sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman total. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan aktivasi zeolit dan pengembanan logam. Aktivasi zeolit bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe yang terkandung dalam zeolit alam Malang. Berdasarkan penelitian Botianovi (2012), zeolit alam Malang mengandung unsur-unsur K (3,74%), Ca (4,26 %), dan Fe (25,3 %) serta unsur-unsur lainnya. Berkurangnya berbagai pengotor ini mengakibatkan peningkatan luas permukaan zeolit alam. Suharto, dkk. (2007) melaporkan bahwa zeolit alam yang telah diaktivasi dengan amonium nitrat memiliki luas permukaan lebih besar ($105,82 \text{ m}^2/\text{g}$) dibandingkan zeolit alam yang tidak diaktivasi ($97,26 \text{ m}^2/\text{g}$). Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses aktivasi zeolit juga bertujuan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit yaitu keasaman sehingga dapat digunakan sebagai katalis (Lestari, 2010).

Pengembanan logam juga dilakukan untuk meningkatkan aktivitas katalis zeolit alam. Menurut Prasetyoko (2005), reaksi yang dikatalisis oleh material padatan banyak melibatkan pori-pori katalisis sebagai tempat terjadinya reaksi.

Sebagian reaksi katalisis bergantung pada luas permukaan katalisis dan sebagian bergantung pada sisi aktif katalis yang ada dalam pori-pori katalis. Proses pengembangan logam menyebabkan luas permukaan spesifik sistem katalis bertambah secara keseluruhan (Trisunaryanti, dkk., 2005). Semakin besar luas permukaan spesifik katalis diharapkan pusat aktif katalis akan semakin banyak sehingga aktivitas katalis akan semakin meningkat pula (Tarigan, 2007). Pengembangan logam pada zeolit juga dapat mencegah terjadinya penggumpalan (*sintering*) oleh logam selama proses katalitik (Augustine, 1990).

Pengembangan logam ke bahan pendukung menghasilkan katalis dengan fungsi ganda yang disebut sebagai katalis bifungsional. Suharto, dkk. (2007) telah melakukan pembuatan dan karakterisasi katalis bifungsional dari zeolit alam dengan menggunakan logam Cr, Ni, dan Ti. Katalis zeolit bifungsional ini telah berhasil dibuat dengan cara aktivasi zeolit alam menggunakan larutan amonium nitrat dan larutan asam klorida, diikuti dengan impregnasi logam serta proses kalsinasi pada suhu 500 °C selama 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas permukaan spesifik dan keasaman zeolit meningkat setelah terbentuk katalis bifungsional. Dimana luas permukaan zeolit alam yang belum diimpregnasi adalah 97,26 m²/g, sedangkan luas permukaan zeolit setelah diimpregnasi dengan Cr, Ni dan Ti adalah 110,83 m²/g, 104,58 m²/g, 109,03 m²/g. Keasaman zeolit yang belum diimpregnasi adalah 1,537 mmol/g, sedangkan keasaman zeolit setelah diimpregnasi dengan Cr, Ni, dan Ti adalah 3,444 mmol/g, 3,751 mmol/g dan 3,355 mmol/g.

Logam Sn juga dapat memperbesar luas permukaan zeolit. Pada penelitian Erlina (2012) zeolit alam Malang diaktivasi dengan amonium nitrat 2 M lalu diimpregnasi dengan logam Sn dengan variasi konsentrasi 0,24, dan 0,48 M. Diperoleh data bahwa luas permukaan pada konsentrasi 0,24 M lebih besar daripada konsentrasi 0,48 M yaitu 2,268 m²/g dan 0,946 m²/g. Oleh sebab itu, konsentrasi logam Sn terbaik yang diembankan berdasarkan penelitian tersebut adalah 0,24 M.

Logam Sn telah dikenal sebagai logam yang aktif untuk mengkatalisis reaksi isomerisasi glukosa dan fruktosa. Berdasarkan penelitian Moliner, dkk., (2010) Sn-Beta dan Sn-MCM 41 yang telah berhasil disintesis digunakan untuk proses isomerisasi glukosa menjadi fruktosa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis Sn-Beta memiliki aktivitas katalitik sebesar 80 % sedangkan Sn-MCM 41 memiliki aktivitas katalitik sebesar 31 % .

Reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa dengan katalis zeolit dapat dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi. Hal ini sesuai dalam penelitian Lourvanij (1992) tentang reaksi glukosa dengan katalis sintetik H-Y zeolit menggunakan variasi suhu dan waktu reaksi. Reaksi glukosa menjadi fruktosa yang dilakukan pada suhu 110 °C, 120 °C, dan 130 °C menunjukkan bahwa terjadi peningkatan fruktosa yang dihasilkan seiring dengan bertambahnya suhu. Namun fruktosa yang dihasilkan akan mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu pada masing-masing suhu tersebut. Reaksi pada suhu 110 °C menghasilkan fruktosa sebesar 22,63 % setelah 24 jam. Reaksi pada suhu 120 °C menghasilkan fruktosa sebesar 24,84 % setelah 10 jam dan menurun menjadi 21,73 % setelah 24 jam.

Sedangkan reaksi pada suhu 130 °C menghasilkan fruktosa sebesar 25,63 % setelah 6 jam dan menurun menjadi 12,51 % setelah 24 jam.

Penelitian Moliner (2010) menunjukkan bahwa reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa yang dikatalisis oleh Sn-Beta menghasilkan fruktosa yang lebih besar dalam waktu yang lebih singkat pada suhu 110 °C dan 140 °C. Reaksi pada suhu 110 °C menghasilkan fruktosa sebesar 32 % setelah 30 menit sedangkan reaksi pada suhu 140 °C menghasilkan fruktosa sebesar 30 % setelah 12 menit.

Penelitian ini menggunakan zeolit alam Malang sebagai katalis untuk reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa. Upaya untuk meningkatkan aktivitas katalitiknya adalah dengan aktivasi dan pengembanan logam. Larutan amonium nitrat 2 M digunakan dalam proses aktivasi. Konsentrasi logam Sn yang diembankan adalah 0,24 M yang merupakan hasil terbaik dari penelitian Erlina (2012). Zeolit alam (ZA), zeolit alam hasil aktivasi (H-ZA) dan zeolit alam hasil modifikasi (Sn-HZA) yang dihasilkan akan dianalisis keasaman dan luas permukaannya. Analisis keasaman dilakukan dengan metode adsorpsi *methylen blue*, sedangkan analisis permukaannya dilakukan dengan adsorpsi gas amoniak secara gravimetri. Selanjutnya H-ZA, Sn-H-ZA dan serbuk $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dianalisis kristalinitasnya dengan *X-ray Diffraction* (XRD), sedangkan analisis morfologi Sn-H-ZA dianalisis dengan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Analysis X-Ray* (SEM-EDAX).

H-ZA dan Sn-HZA diaplikasikan pada reaksi isomerisasi glukosa dan fruktosa dengan variasi suhu yaitu 110, 120 dan 130 °C dengan waktu reaksi yaitu 0, 1, 2, 3 dan 4 jam. Aktivitas katalitiknya diukur menggunakan polarimeter. Hasil

pengukuran dengan polarimeter yang terbaik akan dianalisis dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) sehingga diketahui hasil reaksi yaitu fruktosa secara kualitatif dan kuantitatif.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakter luas permukaan dan keasaman H-ZA dan Sn-HZA?
2. Bagaimana pengaruh suhu reaksi dan jenis katalis terhadap reaksi isomerisasi glukosa?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui luas permukaan dan keasaman H-ZA dan Sn-HZA
2. Mengetahui pengaruh suhu reaksi dan jenis katalis pada reaksi isomerisasi glukosa

1.4 Batasan Masalah

1. Zeolit alam yang digunakan berasal dari daerah Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang.
2. Logam Sn yang digunakan sebagai logam pengemban zeolit alam adalah senyawa $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 0,24 M,
3. Glukosa yang digunakan yakni D-glukosa monohidrat.
4. Karakterisasi yang dilakukan adalah penentuan keasaman menggunakan metode adsorpsi amoniak dan penentuan luas permukaan dengan metode adsorpsi *methylen blue* pada sampel zeolit alam (ZA), zeolit aktivasi (H-ZA)

dan zeolit modifikasi (Sn-HZA), penentuan fase kristalin menggunakan XRD pada sampel zeolit aktivasi (H-ZA) zeolit modifikasi (Sn-HZA) dan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan analisis morfologi dengan SEM-EDAX pada sampel zeolit modifikasi (Sn-HZA).

5. Analisis penentuan hasil isomerisasi glukosa menggunakan polarimeter. Hasil terbaik dari polarimeter selanjutnya dianalisis dengan HPLC.

1.5 Manfaat Penelitian

Penggunaan katalis logam Sn yang diimbangkan pada zeolit alam Malang untuk isomerisasi glukosa menjadi fruktosa dapat meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomi zeolit alam yang keberadaannya melimpah. Melalui penelitian ini juga didapatkan informasi tentang kristalinitas zeolit setelah proses aktivasi dan pengembunan logam, morfologi zeolit setelah proses pengembunan logam, keasaman zeolit, luas permukaan zeolit, dan aktivitas katalitik zeolit terhadap reaksi isomerisasi glukosa dengan variasi suhu reaksi.

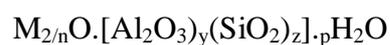
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Karakter Zeolit

Zeolit merupakan mineral alami aluminosilikat yang terhidrasi. Zeolit termasuk golongan yang dikenal sebagai mineral “tektosilikat” (Erdem dkk., 2004). Mineral zeolit dikenal sejak tahun 1755 oleh seorang mineralogi berkebangsaan Swedia yang bernama Freherr Axel Cronsted. Zeolit berasal dari bahasa Yunani, zhein yang berarti mendidih dan Lithos yang berarti batuan. Oleh karena itu zeolit didefinisikan sebagai batuan yang mendidih karena dehidrasi molekul air yang dikandung didalamnya apabila zeolit dipanaskan. Zeolit memiliki struktur berongga-rongga dengan cairan didalamnya yang mudah lepas sehingga memungkinkan zeolit mempunyai sifat khusus yaitu mampu melakukan pertukaran kation, mampu menyerap senyawa kimia tertentu (sebagai adsorben) dan mampu bertindak sebagai katalisator (Murat, 2006).

Struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} (Istadi, 2011). Zeolit mempunyai rumus :



Dimana : M = kation yang dipertukarkan

n = valensi kation

y = jumlah atom Al

z = jumlah atom Si

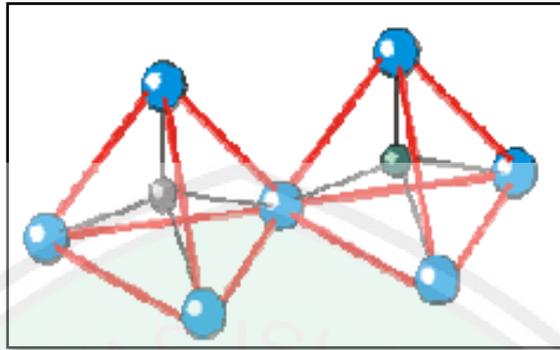
P = jumlah molekul air

Zeolit tersusun atas substitusi parsial Si^{4+} dan Al^{3+} yang menyebabkan zeolit bermuatan negatif yang umumnya diseimbangkan dengan molekul air dan kation-kation. Kation alkali dan alkali tanah seperti Na^+ , K^+ , Mg^{2+} dan lainnya mempunyai mobilitas yang cukup baik untuk menyeimbangkan muatan negatif dalam zeolit. Kation-kation ini bergerak bebas dalam zeolit dan dikelilingi oleh molekul air sehingga mudah untuk menggantikan kation ini dengan kation lainnya tanpa merusak kerangka zeolit. Sifat inilah yang menjadi dasar penggunaan zeolit sebagai penukar kation (Dutta, 2000).

Secara garis besar klasifikasi rangka dasar pembangun zeolit dibagi menjadi tiga yaitu:

a). Unit pembangun primer

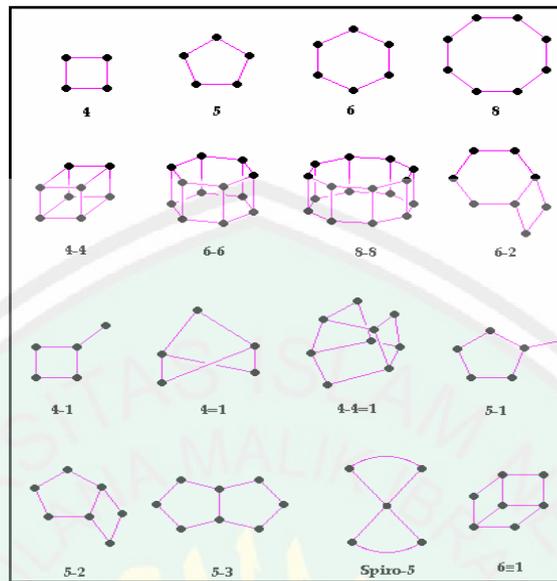
Unit pembangun primer merupakan unit dasar dan terkecil penyusun zeolit yang terdiri dari SiO_4 dan AlO_4 . Unit ini merupakan kerangka yang paling stabil yang tersusun dari Si dan Al pada pusat tetrahedral dan atom O pada keempat sudut tetrahedral. Tetrahedron TO_4 (T = Si atau Al) merupakan unit pembangun primer (*Primary Building Units*, PBU) yang dapat digabungkan dengan berbagai cara untuk membentuk unit pembangun sekunder (*Secondary Building Units*, SBU). Contohnya struktur cincin-4 (dibangun oleh 4 unit TO_4), ganda cincin-4 (dibangun oleh dua cincin-4) dan sebagainya.



Gambar 2.1 Model unit pembangun primer
(Rakhmatullah, 2007)

b). Unit pembangun sekunder

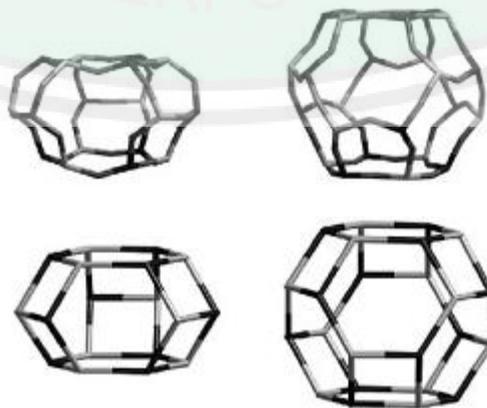
Unit pembangun sekunder (*Secondary Building Units, SBU*) merupakan gabungan beberapa unit primer dengan menggunakan atom sebagai sudut dua tetrahedral membentuk cincin ganda dengan 4,5,6,7 dan 8 tetrahedral. Di dalam setiap jenis SBU, atom T (Si atau Al) ditunjukkan sebagai titik dan berada diakhir garis atau berada di penjurusan tetrahedron, sedangkan atom O ditunjukkan sebagai garis dan berada di tengah-tengah garis diantara dua titik T. Unit pembangun sekunder ini berikatan dengan beberapa cara untuk membangun struktur baru yang akan menghasilkan berbagai kerangka zeolit. Setiap bangunan baru mempunyai ukuran pori yang berbeda, tergantung dari SBU yang bergabung. Penggabungan 24 tetrahedron silika dan alumina akan membentuk sangkar sodalit, yang mempunyai dua bentuk muka yaitu tetragon dan heksagon (Baerlocher, 2001). Berbagai macam jenis unit pembangun sekunder zeolit disajikan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Unit pembangun sekunder
(Baerlocher, 2001)

c). Unit pembangun tersier

Unit pembangun tersier merupakan gabungan dari beberapa unit sekunder yang saling berikatan membentuk suatu polihedral. Struktur ini merupakan struktur khas kristal jenis-jenis zeolit. Berbagai contoh unit pembangun tersier disajikan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Unit Pembangun Tersier
(Lobo, 2003)

Komposisi kimia zeolit bergantung pada komposisi hidrotermal lingkungan lokal seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah kejadiannya. Hal ini menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya jika diambil dari daerah yang berbeda, karena adanya kombinasi dengan mineral yang berupa partikel halus dan pengotor lainnya (Iskandar, 2008).

Penelitian isomerisasi glukosa menjadi fruktosa ini menggunakan zeolit alam yang berasal dari daerah Sumbermanjing, Malang. Berdasarkan penelitian Botianovi (2012) tentang komposisi zeolit alam Malang didapatkan data unsur-unsur penyusunnya. Unsur-unsur tersebut disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil analisis XRF kandungan zeolit alam Malang

Senyawa	% Berat	Senyawa	% Berat
Al	13	Mn	1,27
Si	49,9	Fe	25,3
S	0,31	Ni	0,04
K	3,74	Cu	0,097
Ca	4,26	Zn	0,33
Ti	1,28	Eu	0,3
V	0,04	Re	0,08
Cr	0,064	Pb	0,23

Sumber: Botianovi (2012)

Zeolit merupakan mineral berpori seperti halnya dengan mineral silika lainnya. Jika terdapat beberapa molekul memasuki sistem mikropori zeolit, molekul dapat terserap berdasarkan kepolaran atau interaksi molekul dengan zeolit dan berdasarkan ukuran pori. Mekanisme interaksi molekul yang terjadi bisa secara penyerapan fisika (gaya van der waals), penyerapan kimia (gaya elektrostatik), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi. Efektivitas

penyerapan bergantung pada sifat spesies yang diserap, kemampuan pertukaran ion, keasaman padatan zeolit dan kelembapan sistem. Selain tersebut diatas, zeolit dengan rongga-rongga molekulnya mempunyai gugus aktif di dalam saluran antarkristal sehingga dapat berlaku sebagai pengemban katalis (Istadi, 2011).

Berdasarkan uraian di atas maka zeolit bukanlah hanya sekedar batuan. Karena jika diteliti lebih dalam maka zeolit sebenarnya memiliki struktur tertentu dengan kandungan unsur-unsur tertentu pula. Hal ini telah dijelaskan dalam ayat Al-Qamar ayat 49, yaitu:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

Artinya : Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran

Alam beserta isinya sebagai *sunnatullah* telah ditetapkan “ukurannya“ yang mengandung makna ilmiah yaitu sebagai bilangan dengan sifat serta ketelitian yang terkandung di dalamnya (Shiddieqy, 2000). Struktur rongga yang dimiliki zeolit dapat membedakan jenis zeolit yang satu dengan lainnya. Struktur ini dapat dihubungkan dengan kata “ukuran” dalam ayat tersebut. Hal ini menyiratkan bahwa terdapat ukuran atau komposisi tertentu dalam setiap ciptaan Allah. Sehingga ayat ini juga mengajak manusia untuk meneliti secara mendalam tentang berbagai ciptaan Allah yang memiliki komposisi tertentu ini.

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena memiliki pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum. Zeolit memiliki ciri paling khusus yang secara praktis akan menentukan sifat khusus di dalam suatu mineral, yaitu adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam strukturnya. Pada

proses penyerapan atau katalisis, pemakaian zeolit akan mengakibatkan difusi molekul ke dalam ruang bebas atau hampa udara di antara kristal, sehingga dimensi dan lokasi saluran sangat penting. Terdapat 3 macam sistem saluran, yaitu : satu, dua, dan tiga dimensi. Pada saluran satu dimensi molekul hanya dapat bergerak ke satu arah saja. Saluran satu dimensi memberikan kemungkinan molekul berdifusi kedua arah atau dalam satu bidang datar, sedangkan pada saluran tiga dimensi molekul yang berdifusi dapat bergerak ke semua arah atau sisi kristal. Saluran tersebut akan berulang tergantung dari sistem kristal (Murat, 2006).

Sifat lain dari zeolit yang juga berpengaruh terhadap peranannya dalam katalisis adalah komposisi kerangka dan struktur pori zeolit, kenaikan rasio Si/Al, medan elektrostatis, kekuatan asam dari sisi Brønsted, dan perubahan struktur bangun sekunder dari zeolit. Komposisi kerangka zeolit mengatur muatan kerangka dan mempengaruhi stabilitas pemanasan dan asam dari zeolit. Kenaikan rasio Si/Al akan berpengaruh pada stabilitas zeolit terhadap suhu tinggi dan lingkungan yang reaktif seperti naiknya keasaman. Medan elektrostatis zeolit menyebabkan interaksi adsorbsinya dengan molekul lain berubah-ubah. Kekuatan asam dari sisi asam Brønsted akan bertambah dengan naiknya rasio Si/Al dan menurunnya konsentrasi kation dalam zeolit. Sementara itu perubahan struktur unit bangun sekunder dari zeolit sangat penting dalam proses katalisis karena pori inilah yang berperan sebagai mikroreaktor dan darinya dimungkinkan untuk mendapatkan reaksi katalitik yang diinginkan menurut aturan bentuk selektivitas (Rosdiana, 2006).

2.1.1 Zeolit Mordenit

Rasio Si/Al dari wujud natural dan sintetik zeolit mordenit biasanya bernilai sekitar 5. Tetapi kandungan aluminium pada struktur penampang dapat dikurangi secara substansial menggunakan *leaching* asam tanpa kehilangan krusatlinitasnya. Struktur saluran dari modernit terbentuk dari cincin oksigen beranggotakan 12, memiliki diameter nominal bebas sekitar 6,7 – 7 Å.

Mordenit merupakan mineral zeolit yang langka, dengan rumus empiris $(Ca,Na_2,K_2)Al_2Si_{10}O_{24}.7H_2O$. Sistem kristal mordenit adalah ortorombik. Biasanya ditemukan dalam batuan vulkanik bersama-sama dengan Stilbit dan Heulandit. Ditemukan pertama kali oleh Henry How, dan nama Heulandit diberikan berdasarkan nama suatu komunitas “Morden”. Mordenit merupakan salah satu jenis zeolit alam dengan rasio Si/Al yang tinggi. Hal ini menyebabkan mordenit memiliki stabilitas termal yang tinggi untuk dehidrasi yang terjadi pada range 80-4000 °C (Rahmawati S, 2008). Stabilitas termal yang tinggi terbukti dari kemampuannya untuk mempertahankan struktur sampai temperatur 800-900 °C (Dyer, 1988). Zeolit alam jenis mordenit merupakan jenis zeolit yang memiliki kandungan Si sedang (perbandingan Si/Al = 5) yang termasuk sangat stabil (Hapsari, 2006).

Stabilitas termal yang tinggi juga berpengaruh terhadap pencegahan terjadinya *sintering* oleh inti aktif. Hal ini disebabkan permukaan penyangga yang stabil maka inti aktif dapat terdispersi dengan merata (Nasikin, 2010). Dalam penelitian ini inti aktif yang digunakan adalah logam Sn.

Selain keunggulan di atas, Mordenit dapat digunakan sebagai bahan pengemban logam karena porinya cukup besar ($\pm 7\text{\AA}$). Rongga dan saluran pada mordenit membuat molekul jenis ini mampu digunakan sebagai adsorben, penukar ion dan katalisator. Mordenit termasuk zeolit berpori besar yang tersusun dari cincin-12 anggota sehingga dapat mengadsorpsi baik molekul berantai lurus, cabang maupun siklik (Dyer, 1988).

Menurut Laniwati (1999), persen mineral modernit pada zeolit alam Malang sebesar 55-85 % yang berarti kandungan mineral modernit relatif tinggi. Hal ini menyebabkan zeolit alam Malang sesuai jika digunakan sebagai katalis. Penggunaan zeolit alam sebagai katalis sudah dikembangkan dalam berbagai penelitian. Laniwati (1999) menggunakan zeolit alam Malang sebagai katalis dalam isomerisasi 1-buten, Setiadi dan Astri (2007) menggunakan zeolit alam Malang sebagai katalis dalam konversi senyawa ABE menjadi hidrokarbon sedangkan Setiadi dan Dariyus (2006) menggunakan zeolit alam sebagai katalis dalam konversi katalitik *n*-butanol menjadi hidrokarbon C₂-C₄. Dalam penelitian ini, zeolit alam Malang yang telah dimodifikasi digunakan sebagai katalis dalam reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa.

2.1.2 Aktivasi Zeolit

Zeolit alam merupakan zeolit yang langsung ditambang dari alam. Sehingga zeolit alam memiliki beberapa kelemahan yaitu adanya pengotor dan kristalinitasnya kurang baik. Pengotor-pengotor tersebut dapat berupa Na, K, Ca, Mg dan Fe. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada

zeolit alam, proses aktivasi zeolit juga ditujukan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman sehingga dapat digunakan sebagai katalis, absorben, atau aplikasi lainnya. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat (Lestari, 2010).

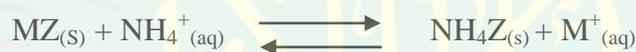
Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengecilan ukuran butir, pengayakan, dan pemanasan pada suhu tinggi, tujuannya untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori, dan memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Ertan, 2005). Dalam penelitian ini zeolit alam Malang diaktivasi secara kimia sehingga diharapkan dapat meningkatkan aktivitas katalitik dalam reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa. Aktivasi kimia dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan NH_4NO_3 2 M.

Kemampuan zeolit untuk mengkatalisis suatu reaksi kimia berhubungan dengan sifatnya sebagai padatan asam karena adanya sisi-sisi asam, baik sisi asam Brønsted maupun Lewis. Sisi asam Brønsted dapat dihasilkan dengan beberapa cara di antaranya perlakuan pemanasan terhadap bentuk amonium zeolit untuk menghilangkan ammonia sehingga diperoleh bentuk H-zeolit, perlakuan dehidrasi terhadap kation multivalen pada zeolit yang diikuti terdisosiasinya air yang terkoordinasi dalam bentuk molekul sehingga membentuk ion H^+ pada permukaan zeolit dan perlakuan asam terhadap zeolit yang stabil terhadap asam akan dapat

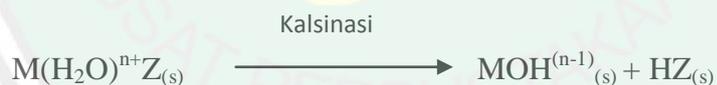
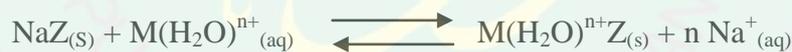
secara langsung menukar kation dengan proton. Sisi asam Lewis dapat diperoleh dari dehidroksilasi dua gugus hidroksil yang berdekatan dengan perlakuan panas ($T > 750 \text{ K}$) (Rosdiana, 2006).

Aktivitas zeolit sebagai katalis ditentukan oleh situs asam Brønsted yang berasal dari gugus hidroksil dalam struktur pori zeolit. Gugus hidroksil ini biasanya dibentuk dengan pertukaran dengan amonium atau kation polivalen diikuti dengan kalsinasi (Dyer, 1988). Mekanisme pembentukan asam Brønsted melalui pertukaran dengan amonium atau ion polivalen adalah sebagai berikut :

- Pertukaran dengan ion amonium :



- Pertukaran dengan ion polivalen :



Bentuk terprotonasi dari zeolit (H-zeolit) mengandung gugus hidroksil dimana proton berhubungan dengan muatan negatif kerangka oksigen dalam tetrahedral alumina seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Gambar 2.4 Bentuk H-zeolit (Gates, 1992)

Menurut Setiadi dan Astri (2007), aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dengan pertukaran ion selama 20-120 jam menggunakan NH_4Cl 1 M pada temperatur ruang untuk menggantikan ion Ca^{2+} dengan NH_4^+ sehingga didapatkan $\text{NH}_4\text{-NZ}$. Kalsinasi pada 600°C selama 2 jam dilakukan agar struktur zeolit lebih stabil dan lebih tahan pada temperatur reaksi yang cukup tinggi. Perbandingan rasio Si/Al yang dimiliki oleh zeolit alam tersebut adalah 5,17. Dalam penelitian tersebut juga dilakukan pencucian zeolit untuk menghilangkan pengotor yang larut dalam air. Kristalinitas zeolit alam setelah mengalami pertukaran ion adalah 50,8 %. Jika dibandingkan dengan % kristalinitas zeolit alam fresh (asli), maka terjadi kenaikan persentase kristalinitas dengan perbedaan yang relatif kecil, yaitu 6,7 %. Hasil ini menunjukkan bahwa pencucian dan pertukaran ion dengan menggunakan larutan NH_4Cl 1 M tidak merusak struktur tetapi malah dapat lebih memurnikan zeolit dari pengotor-pengotornya. Proses kalsinasi yang dilakukan pada temperatur 300°C dan 600°C cukup efektif, tidak merusak struktur awal zeolit. Hasil ini menandakan bahwa zeolit alam mempunyai kestabilan struktur kerangka yang cukup tinggi walaupun terbentuk secara alami.

2.1.3 Impregnasi

Zeolit memiliki karakter-karakter yang perlu dimodifikasi dan salah satu karakter tersebut adalah keasaman dari zeolit. Keasaman zeolit dapat ditingkatkan dengan cara dealuminasi maupun dengan menambahkan logam atau oksida logam tertentu. Selain itu logam-logam yang diembankan ke dalam zeolit akan menyebabkan luas permukaan relatif besar, yang pada akhirnya akan memperbesar luas kontak antara katalis dengan reaktan, sehingga reaksi berjalan

cepat (Hegedus, 1987). Pengembanan logam pada zeolit juga dapat meningkatkan selektivitas katalis (Satterfield, 1980).

Suharto, dkk., (2007) telah melakukan pembuatan dan karakterisasi katalis bifungsional dari zeolit alam dengan menggunakan logam Cr, Ni, dan Ti. Katalis zeolit bifungsional ini telah berhasil dibuat dengan cara aktivasi zeolit alam menggunakan larutan amonium nitrat dan larutan asam klorida, diikuti dengan impregnasi logam serta proses kalsinasi pada suhu 500 °C selama 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis Cr-H-zeolit memiliki luas permukaan spesifik 110,83 m²/g serta keasaman 3,426 mmol/g. Ni-H-zeolit memiliki luas permukaan spesifik 104,58 m²/g serta keasaman 3,751 mmol/g. Katalis Ti-H-zeolit dengan luas permukaan spesifik 109,03 m²/g serta keasaman 3,355 mmol/g. Sedangkan pada penelitian Erlina (2012), impregnasi pada zeolit alam Malang dengan logam Sn dapat memperbesar luas permukaan dan keasaman zeolit. Konsentrasi SnCl₂.2H₂O yang dapat memberikan hasil terbaik adalah 0,24 M. Semakin besar luas permukaan dan keasaman zeolit maka semakin baik kualitas dari zeolit tersebut jika digunakan sebagai katalis.

Logam-logam di atas secara langsung dapat berfungsi sebagai katalis tanpa diembankan terlebih dahulu pada pengembanan. Namun terdapat kelemahan jika hal tersebut dilakukan. Diantaranya luas permukaan yang relatif kecil, dan selama proses katalitik dapat terjadi penggumpalan (*sintering*) (Augustine, 1990).

Pengembanan logam ke bahan pendukung untuk menghasilkan katalis dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah impregnasi.

Impregnasi yaitu memasukkan katalis logam secara paksa ke dalam rongga-rongga pengemban, pertukaran ion, kopresipitasi, dan deposisi (Anderson, 1981).

Impregnasi basah adalah suatu metode mendispesikan logam ke dalam penyangga dengan cara perendaman. Konsentrasi garam prekursor disesuaikan dengan pori-pori penyangga yang digunakan sehingga terjadi interaksi antara larutan garam prekursor dengan penyangga. Kemudian dengan adanya gerak kapiler yang disebabkan oleh perbedaan antara lapisan permukaan, larutan akan masuk ke dalam pori-pori penyangga yang didistribusikan. Proses ini relatif cepat, tetapi lambat jika ada udara yang terdapat dalam pori-pori penyangga, umumnya pori-pori terisi dengan larutan setelah kurang lebih 10 detik (Miftahudin, 2011).

Secara teoritis konsentrasi zat terlarut sama pada semua titik di dalam pori tetapi pada kasus tertentu rendahnya konsentrasi dari pelarut menyebabkan difusi pelarut lebih cepat daripada zat terlarut sehingga dibutuhkan waktu beberapa jam untuk mencapai keadaan homogen seluruhnya.

Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Weisz dalam Bonneviot (1988), pada saat perendaman terjadi proses sebagai berikut :

1. Perpindahan garam logam dari badan pelarut ke permukaan penyangga.
2. Difusi garam logam melalui pori-pori penyangga, dalam hal ini jika padatan penyangga kering maka larutan akan terpenetrasi ke dalam pori dengan gaya kapilaritas.
3. Terdeposisi garam logam di atas permukaan pori penyangga yang secara simultan terjadi dengan kedua langkah di atas

2.2 Isomerisasi Glukosa

Monosakarida atau gula sederhana terdiri atas hanya satu unit polihidroksi aldehid atau polihidroksi aseton. Monosakarida yang paling banyak dijumpai di alam adalah D-glukosa yaitu monosakarida dengan 6 atom karbon. Jumlah atom karbon dalam monosakarida dapat bervariasi dari 3 hingga 9, namun yang paling banyak dijumpai adalah yang mengandung 6 atom C atau kurang (Gultom, 2001).

Tiap atom karbon dalam monosakarida mengandung gugus hidroksil, kecuali sebuah atom karbon yang mengandung gugus karbonil atau keton. Jika gugus karbonil ada di ujung dari rantai, monosakarida itu disebut aldosa dan jika terletak di lain tempat maka monosakarida itu disebut ketosa (Poedjiadi, 2006).

Glukosa dan fruktosa adalah contoh monosakarida dan merupakan pasangan isomer. Isomer adalah senyawa-senyawa dengan rumus molekul yang sama, tetapi dengan sifat fisika atau kimia yang berbeda, karena letak atom-atomnya yang berbeda (Riswiyanto, 2009). Kedua senyawa ini dapat digolongkan sebagai isomer struktural karena urutan atom yang berbeda mengakibatkan struktur (bangun) yang berlainan (Fessenden, 1982). Kedua jenis monosakarida ini adalah penyusun gula sukrosa. Ikatan antara molekul glukosa dan fruktosa dalam membentuk sukrosa yaitu antara karbon nomor 1 pada glukosa dengan atom karbon nomor 2 pada fruktosa melalui atom oksigen. Sukrosa ialah gula yang biasa digunakan sehari-hari dan berasal dari tebu (Poedjiadi, 2006). Kedua jenis monosakarida ini beserta galaktosa merupakan hasil akhir dari pencernaan karbohidrat yang utama dalam kehidupan hewan tingkat tinggi (Gultom, 2001).

a. Glukosa

Glukosa merupakan monosakarida yang terpenting bagi kehidupan. Glukosa adalah suatu aldoheksosa dan sering disebut dekstrosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan. Karena tergolong aldoheksosa maka glukosa mempunyai 4 buah pusat atom karbon stereogenik (atom C-kiral). Glukosa dapat membentuk cincin piranosa akibat reaksi intramolekuler antara gugus karbonil pada C-1 dengan gugus hidroksil pada C-5 (Riswiyanto, 2009).

b. Fruktosa

Fruktosa adalah suatu ketoheksosa dan sering disebut sebagai levulosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kiri. Zat ini merupakan gula yang paling manis dan terdapat bersama-sama dengan glukosa dalam buah-buahan. Karena tergolong ketoheksosa maka fruktosa mempunyai 3 buah atom karbon stereogenik. Fruktosa dapat membentuk cincin furanosa akibat reaksi intramolekuler antara gugus karbonil pada C-2 dengan gugus hidroksil pada C-5 (Riswiyanto, 2009).

Tabel 2.2 Jenis gula berdasarkan tingkat kemanisan

Jenis>Nama Gula	Tingkat Kemanisan (%)
Sukrosa	100
Fruktosa	173
Glukosa	74
Galaktosa	32
Maltosa	32
Laktosa	16

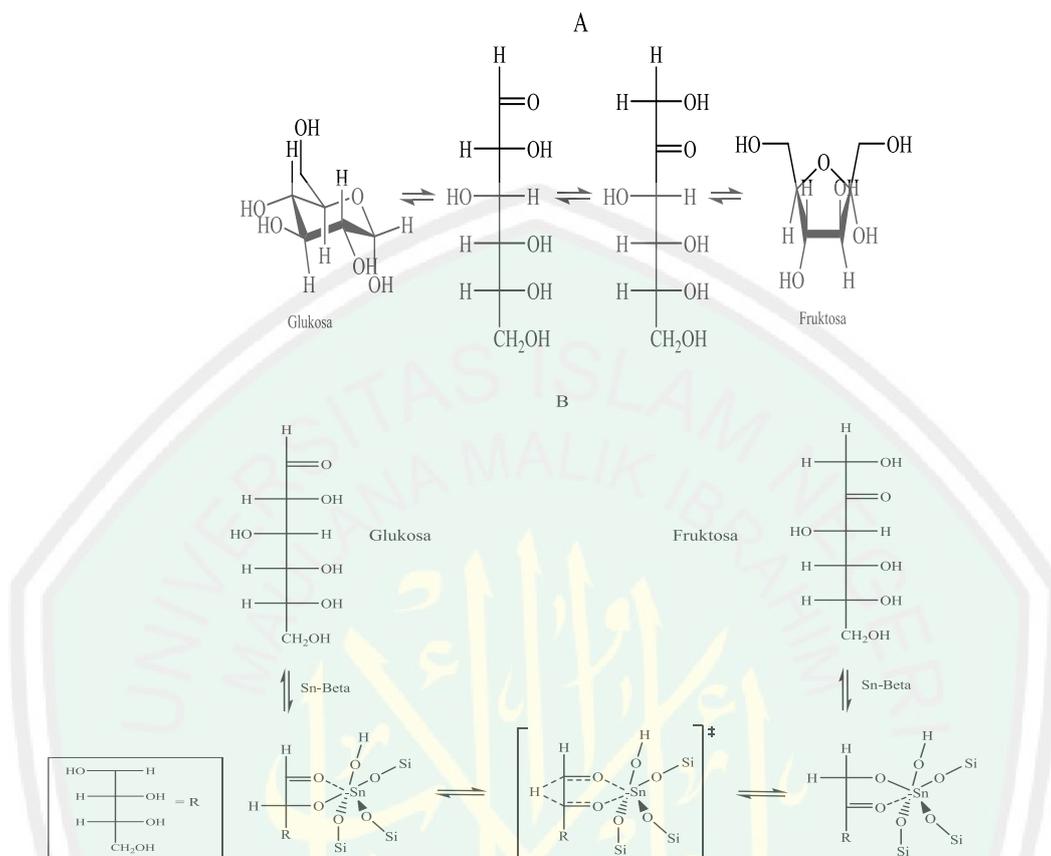
Sumber: Sediaoetama (2006)

Isomerisasi tergolong dalam reaksi katalisis asam karena reaksi ini dimulai dari terbentuknya ion karbonium di permukaan katalis. Katalis mengadsorpsi reaktan dan menghasilkan ion karbonium sebagai spesi reaktan teradsorpsi pada permukaan. Pada reaksi tersebut katalis yang aktif adalah katalis yang memiliki proton (H^+) di permukaan katalis dan dikenal sebagai katalis asam (Nasikin, 2010).

Isomerisasi glukosa menjadi fruktosa telah banyak dilakukan oleh peneliti menggunakan katalis enzim. Zhang, dkk., (2004) telah melakukan penelitian konversi glukosa menjadi fruktosa 42 % menggunakan katalis enzim isomerase. Konversi glukosa menjadi fruktosa 40 % juga telah dihasilkan menggunakan enzim yang diimobilisasi (*Sweetzyme IT*) dengan konsentrasi glukosa 10 % dan enzim sebanyak 0,5 g pada suhu 60 °C selama 60 jam (Gaily, dkk., 2010). Namun, berdasarkan kajian literatur penggunaan katalis enzim tidak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan katalis anorganik.

Moliner, dkk. (2010) telah melakukan penelitian reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa menggunakan katalis anorganik yaitu logam yang diimbankan pada zeolit sintetik Sn-Beta dan Sn-MCM 41. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis Sn-Beta memiliki aktivitas katalitik sebesar 80 % dengan selektivitas 30 %, sedangkan Sn-MCM 41 memiliki aktivitas katalitik sebesar 31 % serta selektivitas sebesar 41 %.

Skema representasi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa dan skema representasi mekanisme reaksi isomerisasi glukosa menggunakan katalis logam disajikan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 (A) Skema representasi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa dan (B) Skema representasi mekanisme reaksi isomerisasi glukosa menggunakan katalis logam (Moliner, 2010)

Jika digunakan dalam produk pangan, penggunaan logam Sn yang diibankan cenderung masih aman. Hal ini disebabkan sifatnya sebagai katalis heterogen dimana antara katalis dan produk akan mudah dipisahkan (tidak memerlukan tahap yang panjang) salah satunya dengan cara filtrasi. Pemisahan mudah dilakukan karena pada reaksi yang menggunakan katalis heterogen terjadi reaksi desorpsi yaitu lepasnya produk dari permukaan katalis (Nasikin, 2010). Dari sisi toksik, logam Sn akan bersifat toksik jika dalam kadar IDLH (*Immediately Dangerous To Life or Health Concentration*) sebesar 100 mg Sn/m^3 (Anonymous, 2000). Jika dikonversikan dalam bentuk ppm maka nilainya sebesar

10 ppm. Sehingga dalam penelitian ini logam Sn dipilih sebagai logam yang diimpregnasikan pada zeolit alam Malang dan digunakan sebagai katalis dalam isomerisasi glukosa menjadi fruktosa.

2.3 Karakterisasi

2.3.1 Analisis Kristalinitas Katalis dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Metode XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan suatu metode analisis kualitatif yang memberikan informasi mengenai kekristalan suatu mineral tertentu. Hal ini dikarenakan setiap mineral mempunyai pola difraktogram yang karakteristik. Kristalinitas sampel dapat dilihat dari difraktogramnya. Difraktogram yang memiliki pola pemisahan puncak-puncak yang jelas dan intensitas ketajaman puncaknya tinggi memiliki kristalinitas yang baik.

Prinsip kerja dari XRD adalah Sinar-X dihasilkan dari tabung sinar-X yang terjadi akibat adanya tumbukan elektron-elektron yang bergerak sangat cepat dan mengenai logam sasaran elektron ini membawa energi foton yang cukup untuk mengionisasikan sebagian elektron di kulit K (1s), sehingga elektron yang berada pada orbital kulit luar akan berpindah dan mengisi orbital 1s dengan memancarkan sejumlah energi berupa sinar-X. Radiasi yang dihasilkan orbital K ke orbital yang lain disebut sinar-X deret K, dimana K₁ adalah eksitasi elektron ke kulit L. K₂ adalah eksitasi elektron ke kulit M. Demikian juga untuk K₃ dan seterusnya.

Sinar-X yang dipakai dalam analisa suatu kristal biasanya memancarkan pita-pita radiasi K₁ dan K₂. sebagai contoh adalah penggunaan logam Cu sebagai

sasaran dan logam Ni sebagai filter, dimana K₂ akan diserap oleh Ni dan Cu K₁ dengan panjang gelombang 1,54 °A akan lolos dan digunakan untuk suatu analisa. Berkas sinar radiasi Cu K₁ ini jika mengenai bidang kristal dari suatu mineral, maka akan dipancarkan oleh atom-atom dalam kristal (Ewing, 1985).

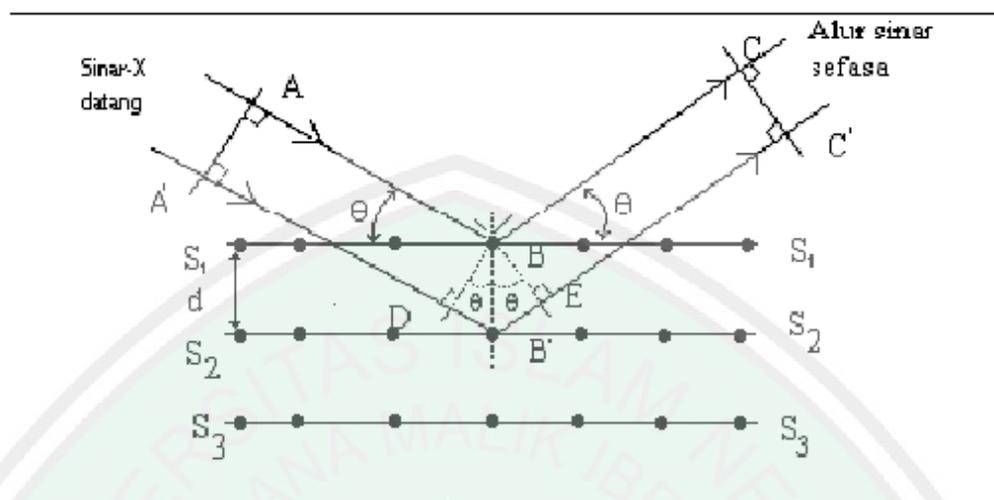
Selain digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material XRD juga dapat digunakan untuk mendapatkan ukuran partikel. Dasar dari penggunaan XRD untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg (Aji dkk.,2009):

$$n\lambda = 2.d.\sin \theta \dots\dots\dots (2.1)$$

keterangan :

- λ : panjang gelombang sinar-X yang digunakan
- d : jarak antara dua bidang kisi
- θ : sudut antara sinar datang dengan bidang normal,
- n : bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan

Identifikasi spesies dari pola difraksi didasarkan pada posisi garis (dalam θ dan 2θ) dan intensitas relatifnya. Harga 2θ ditentukan oleh harga d . Dengan bantuan persamaan Bragg, maka harga d dapat dihitung dari panjang gelombang yang diketahui dan sudut terukur. Intesitas garis tergantung pada jumlah dan jenis pusat atom pemantul yang ada pada setiap lapisan. Identifikasi kristal dilakukan secara empiris dimana diperlukan data standar mengenai harga d dan garis intensitas dari senyawa murni. Dengan mengukur intensitas dari garis difraksi dan membandingkannya dengan standar maka analisis kuantitatif dari campuran kristal dapat dilakukan (Skoog dan West, 1980).



. **Gambar 2.6** Pantulan sinar X oleh bidang S1-S1 dan S2-S2 terpisah pada jarak d

2.3.2 Analisis Luas Permukaan Metode Adsorpsi *Methylen Blue*

Penentuan luas permukaan dilakukan dengan metode adsorpsi larutan *methylen blue* dalam sampel yang dilakukan pengocokan (shaker) dengan waktu tertentu dan kecepatan tertentu. Berdasarkan Alberty (1983), adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Makin besar pori-pori adsorben maka adsorpsi molekul dari larutan akan terjadi dengan baik, artinya semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak molekul yang terserap.

Muatan positif amonium kuartener pada *methylen blue* mengalami gaya elektrostatik dengan muatan negatif pada zeolit. Hasil adsorpsi zeolit terhadap larutan *methylen blue* dianalisis dengan mengukur berat *methylen blue* teradsorpsi oleh zeolit (mg/g) dengan mencari selisih konsentrasi larutan *methylen blue* sebelum diadsorpsi oleh adsorbat dan konsentrasi *methylen blue* setelah diadsorpsi oleh adsorbat. Selain keasaman, salah satu karakter lain yang dimiliki zeolit

sehingga dapat digunakan sebagai katalis adalah luas permukaan. Luas permukaan merupakan parameter yang penting untuk katalis padat karena sangat menentukan aktivitas katalis (Istadi, 2011). Pengukuran luas permukaan zeolit menggunakan pendekatan luas dari setiap 1 molekul *methylen blue* yang mengisi volume pori zeolit. Luas penutupan oleh 1 molekul *methylen blue* sebesar $197,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$. Sedangkan dalam setiap satu mol terdiri atas $6,02 \times 10^{23}$ molekul sesuai dengan bilangan Avogadro. Sehingga dengan pendekatan ini dapat diketahui luas permukaan zeolit dengan banyaknya *methylen blue* yang teradsorpsi dalam pori, dimana luas permukaan itu sendiri dibentuk dari banyaknya volume pori yang ada pada zeolit.

Berdasarkan penelitian Erlina (2012), semakin besar konsentrasi logan Sn yang diimpregnasikan, menghasilkan luas permukaan spesifik yang lebih kecil. Hal ini berkaitan dengan fenomena impregnasi, dimana konsentrasi logam Sn yang relatif tinggi mengakibatkan kompetisi antara ion satu dengan yang lain pada mulut pori. Sehingga distribusi logam Sn tidak merata. Hal ini menyebabkan penumpukan logam Sn pada satu tempat sehingga keasaman dari katalis menurun akibat situs aktif dari katalis yang juga tertutup oleh adanya penumpukan logam pada zeolit.

2.3.3 Keasaman Permukaan

Keasaman adalah jumlah milimol asam per satuan berat atau luas permukaan. Besaran ini diperoleh melalui pengukuran jumlah basa amoniak yang bereaksi dengan gugus asam padatan, dimana jumlah basa amoniak dari fasa gas yang diadsorpsi oleh permukaan padatan adalah ekuivalen dengan jumlah asam

pada permukaan padatan yang menyerap basa tersebut. Keasaman padatan pada zeolit berasal dari situs asam Brønsted dan situs asam Lewis (Trisunaryanti, 2005). Uji keasaman ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya situs asam di dalam katalis tanpa melihat seberapa kuat situs asamnya.

Keasaman yang dihasilkan dipengaruhi juga oleh rasio Si/Al, bahwa semakin kecil rasio molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, jumlah sisi asam Brønsted dan Lewis semakin besar. Hal ini disebabkan oleh pusat inti asam katalis terletak pada kerangka atom Al. Semakin besar jumlah Al, maka semakin banyak ion hidrogen yang menyeimbangkan muatan negatif dalam kerangka akibat kehadiran $[\text{AlO}_4]^{5-}$ membentuk sisi asam Brønsted. Selain itu, semakin besar jumlah atom Al juga mengakibatkan semakin banyak kation Al yang bereaksi dengan air membentuk Al-OH, kemudian air akan keluar akibat pemanasan dan membentuk ion Al^{3+} terkoordinasi menghasilkan asam Lewis yang kuat (Smart, 1993).

Keasaman zeolit untuk mengkatalisis suatu reaksi kimia terutama berhubungan dengan sifatnya sebagai padatan asam karena adanya situs-situs asam, baik situs asam Brønsted maupun Lewis. Situs asam Brønsted dapat dihasilkan dengan beberapa cara sebagai berikut (Tarigan, 2007):

1. Perlakuan termal terhadap bentuk amonium zeolit untuk menghilangkan amonia sehingga diperoleh bentuk H-zeolit.
2. Dehidrasi terhadap kation multivalen pada zeolit yang diikuti terdisosiasinya air yang terkoordinasi dalam bentuk molekul membentuk ion H^+ pada permukaan zeolit.

3. Perlakuan asam terhadap zeolit yang stabil dapat secara langsung menukar kation dengan proton.

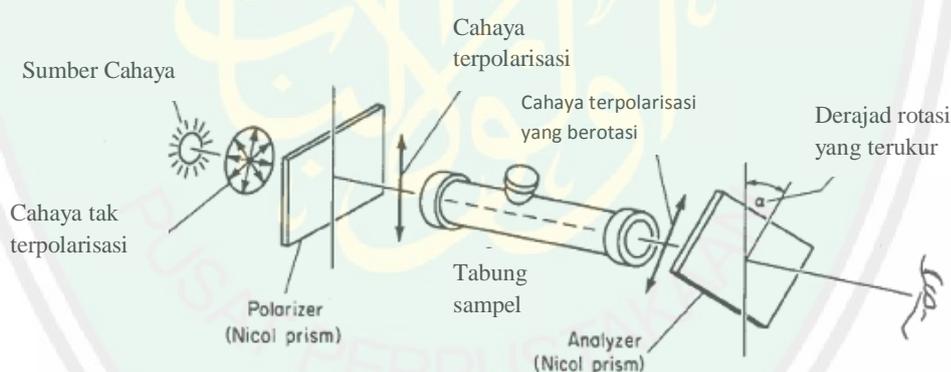
Menurut Trisunaryati (2009), zeolit dapat digunakan sebagai katalis karena memiliki situs asam Brønsted dan Lewis. Sehingga semakin banyak situs asam Brønsted dan Lewis maka aktivitas katalis zeolit semakin besar. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan situs asam Brønsted dan Lewis dilakukan aktivasi zeolit dengan pertukaran ion kation-kation alamiah dalam zeolit dengan NH_4^+ .

2.3.4 Polarimeter

Alat yang digunakan untuk menentukan pemutaran bidang polarisasi cahaya suatu senyawa secara kuantitatif disebut polarimeter. Besarnya derajat putar tergantung pada kadar senyawa yang akan ditentukan sudut putarnya. Untuk menyatakan kemampuan pemutaran bidang polarisasi suatu senyawa dalam larutannya diberi tanda yang lain yaitu tanda (+) untuk senyawa yang memutar ke kanan, dan tanda (-) untuk senyawa yang memutar ke kiri. Namun demikian ada juga yang memberikan simbol d (dekstro) bagi yang memutar ke kanan dan simbol l (levo) bagi yang memutar ke kiri. (Gultom, 2001).

Cahaya biasa dipancarkan dalam bentuk gelombang yang tegak lurus pada arah jalan cahaya tersebut. Apabila cahaya tersebut dipancarkan melalui prisma polarisator, maka hanya ada satu gelombang cahaya yang mempunyai posisi tertentu yang dapat diteruskan. Cahaya yang diteruskan ini disebut cahaya terpolarisasi (Poedjiadi, 2006).

Gelombang cahaya terpolarisasi terletak pada satu bidang getar cahaya tersebut. Apabila cahaya terpolarisasi dilewatkan pada salah satu senyawa maka bidang getarnya akan mengalami perubahan posisi, yaitu berputar ke arah kanan atau kiri. Proses pemutaran bidang getar cahaya terpolarisasi secara sederhana disajikan pada Gambar 2.7. Proses pemutaran bidang getar cahaya terpolarisasi disebut rotasi optik, sedangkan senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pemutaran cahaya terpolarisasi itu dikatakan mempunyai aktivitas optik (Poedjiadi, 2006). Gula merupakan salah satu zat mempunyai aktivitas optik. Zat optis aktif ditandai oleh adanya atom karbon tak *setangkup* (asimetri) atau kiral di dalam senyawa organik (Fessenden, 1982).



Gambar 2.7. Proses pemutaran bidang getar cahaya terpolarisasi (Grof, 2009)

Besarnya sudut perputaran cahaya terpolarisasi dapat diukur dengan polarimeter dan harganya dipengaruhi oleh jenis senyawa, suhu, panjang gelombang cahaya terpolarisasi dan banyaknya molekul pada jalan yang dilalui cahaya (konsentrasi) (Poedjiadi, 2006). Hubungan antara konsentrasi dan besar sudut putar dapat dirumuskan sebagai :

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{l \cdot C} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan $[\alpha]_{\lambda}^T$ menyatakan perputaran (rotasi) jenis pada suhu T dan panjang gelombang (λ) tertentu, α menyatakan perputaran teramati, l menyatakan panjang larutan yang dilewati cahaya, dan C menyatakan konsentrasi. Dari rumusan tersebut diperoleh jenis dan jumlah zat optis aktif (Keenan, 1994).

Rotasi jenis (*specific rotation*) ialah besarnya perputaran oleh 1,0 g zat dalam 1,0 mL larutan yang berada dalam tabung dengan panjang jalan (cahaya) 1,0 dm, pada suhu dan panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang yang lazim digunakan ialah 589,3 nm (garis D Natrium) yang diperoleh dari lampu natrium. Apabila rotasi spesifik telah diketahui dari tabel yang ada, maka dengan rumus 2.3 dapat dihitung konsentrasi larutan (Poedjiadi, 2006).

Tabel 2.3 Beberapa rotasi jenis senyawa optis aktif dalam pelarut air

Senyawa	$[\alpha]_{\lambda}^T$
<i>d</i> -glukosa	+52,7
<i>d</i> -fruktosa	-92,4
Maltosa	+130,4
Sukrosa	+66,5
asam tartrat	+14,1

Sumber: Handoko, 2006.

2.3.5 *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*

Kromatografi merupakan teknik dimana solut atau zat-zat terlarut terpisah oleh perbedaan kecepatan elusi, dikarenakan solut-solut ini melewati suatu kolom kromatografi. Pemisahan solut-solut ini diatur oleh distribusi solut dalam fase gerak dan fase diam (Gandjar, 2011).

Kegunaan umum HPLC adalah untuk pemisahan sejumlah senyawa organik, anorganik, maupun senyawa biologis; analisis ketidakmurnian; analisis senyawa-senyawa tidak mudah menguap (non volatil); analisis asam-asam nukleat, protein, karbohidrat, dan senyawa-senyawa kiral. HPLC merupakan metode yang tidak destruktif dan dapat digunakan baik untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Keterbatasan metode HPLC adalah untuk identifikasi senyawa, kecuali jika HPLC dihubungkan dengan spektrometer massa (MS). Keterbatasan lainnya adalah jika sampelnya sangat kompleks, maka resolusi yang baik sulit diperoleh (Gandjar, 2011).

Instrumentasi HPLC pada dasarnya terdiri dari atas delapan komponen pokok yaitu : (1) wadah fase gerak, (2) sistem penghantaran fase gerak, (3) alat untuk memasukkan sampel, (4) kolom, (5) detektor, (6) wadah penampung buangan fase gerak, (7) tabung penghubung, dan (8) suatu komputer atau perekam. Fase gerak atau eluen biasanya terdiri atas campuran pelarut yang dapat bercampur yang secara keseluruhan berperan dalam daya elusi dan resolusi. Daya elusi dan resolusi ditentukan oleh polaritas keseluruhan pelarut, polaritas fase diam, dan sifat komponen-komponen sampel. Untuk fase normal (fase diam lebih polar daripada fase gerak), kemampuan elusi meningkat dengan meningkatnya polaritas pelarut. Sementara untuk fase terbalik (fase diam kurang polar daripada fase gerak), kemampuan elusi menurun dengan meningkatnya polaritas pelarut. Elusi dapat dilakukan dengan cara isokratik dimana komposisi fase gerak tetap selama elusi (Gandjar, 2012).

Penelitian ini menggunakan HPLC untuk analisis hasil isomerisasi glukosa menjadi fruktosa maupun produk-produk lainnya. Sampel yang digunakan adalah hasil pengukuran terbaik dari polarimeter. Analisis ini menghasilkan data kualitatif dan data kuantitatif melalui kromatogram. Data kualitatif menunjukkan produk-produk hasil isomerisasi glukosa misalnya asam levulinat, hidroksimetilfurfural (HMF), manosa dan fruktosa. Sedangkan data kuantitatif menunjukkan konsentrasi fruktosa yang dihasilkan. Kromatogram yang dihasilkan dari analisis ini dibandingkan dengan waktu retensi standar masing-masing produk. Waktu retensi standar yang digunakan sebagai pembanding didapatkan dari larutan standar yang dianalisis dengan HPLC.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2013 sampai bulan Februari 2014 di Laboratorium Kimia Fisik, Laboratorium Riset Kimia Fisik, Laboratorium Analitik, Laboratorium Bioteknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang (UIN), Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang (UM), Laboratorium Teknik Material dan Metalurgi Institut Sepuluh November Surabaya (ITS) dan Laboratorium Riset – Explain P3GI Pasuruan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : seperangkat alat gelas, ayakan 150-250 mesh, spatula, neraca analitik (*Mettler AE 160 Jerman*), *hotplate*, *magnetic stirrer*, botol hidrotermal, oven (*Fischer Scientific*), tanur listrik (*Fischer Scientific*), cawan porselin, desikator, *refluks condensor*, termometer, statif, klem, sentrifugase (*Thermo*), *X-Ray Diffractometer (XRD) 30 mA – 40 kV (Shimadzu)*, spektrofotometer UV-VIS (*Varian Cary 50*), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Analysis X-Ray (SEM-EDAX) (FEI Inspect S50-Ametex)*, polarimeter model D7, dan *High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Knauer)*.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah dalam penelitian ini adalah : zeolit alam Malang, akuades, kertas saring *whatman* 40, amonium nitrat (*Merck*), *methylen blue*, alumunium foil, amoniak p.a, D-glukosa monohidrat (*Merck*), L-fruktosa (*Merck*) serta $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*Sigma Aldrich*).

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui pengujian eksperimental di laboratorium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter dari zeolit alam (ZA), zeolit alam hasil aktivasi (H-ZA), dan zeolit alam hasil modifikasi (Sn-HZA) serta untuk mengetahui aktivitas katalitik H-ZA dan Sn-HZA terhadap reaksi isomerisasi glukosa. Zeolit alam yang telah dipreparasi selanjutnya diaktivasi dengan amonium nitrat 2 M menghasilkan H-ZA. Kemudian H-ZA dimodifikasi dengan ion logam Sn dengan konsentrasi 0,24 M dengan metode impregnasi menghasilkan Sn-HZA. ZA, H-ZA dan Sn-HZA dianalisis keasaman dan luas permukaannya. Analisis keasaman dilakukan dengan metode adsorpsi *methylen blue*, sedangkan analisis luas permukaannya dilakukan dengan metode adsorpsi gas amoniak secara gravimetri. Selanjutnya H-ZA, Sn-HZA dan serbuk $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dianalisis kristalinitasnya dengan XRD. Sedangkan morfologi dari Sn-H-ZA dianalisis dengan SEM-EDAX.

H-ZA dan Sn-HZA diaplikasikan pada reaksi isomerisasi glukosa menggunakan metode *batch*. Untuk menentukan aktivitas katalitik dalam reaksi

isomerisasi ini dilakukan analisis pada variasi suhu reaksi yaitu 110, 120, dan 130 °C. Pada setiap variasi suhu tersebut diukur aktivitasnya untuk jam ke-0, 1, 2, 3 dan 4 menggunakan polarimeter. Hasil pengukuran dengan polarimeter yang menghasilkan konversi terbesar selanjutnya dianalisis dengan HPLC sehingga akan diketahui hasil reaksi yaitu fruktosa secara kualitatif dan kuantitatif. Untuk mengetahui adanya pengaruh berbagai faktor dalam reaksi isomerisasi glukosa maka dilakukan analisis statistik. Rancangan percobaannya merupakan rancangan acak faktorial dengan faktor penentu 1 adalah jenis zeolit dan faktor penentu 2 adalah suhu. Sehingga akan diketahui kondisi terbaik untuk isomerisasi glukosa menggunakan H-ZA maupun Sn-HZA.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Preparasi sampel zeolit alam
2. Aktivasi zeolit hasil preparasi
3. Modifikasi H-ZA dengan metode impregnasi
4. Karakterisasi
 - a. Analisis kristalinitas dengan XRD
 - b. Analisis morfologi dengan SEM-EDAX
 - c. Analisis keasaman dengan metode adsorpsi amoniak
 - d. Analisis luas permukaan metode adsorpsi *metylen blue*
5. Penentuan aktivitas katalitik H-ZA dan Sn-HZA pada reaksi isomerisasi glukosa.

- a. Isomerisasi Glukosa
 - b. Analisis Hasil Isomerisasi dengan Polarimeter
 - c. Analisis hasil Isomerisasi dengan HPLC
6. Analisis data

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Zeolit Alam (Trisunaryanti, dkk., 2005)

Preparasi dilakukan pada zeolit alam yang berasal dari daerah Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. Langkah pertama dihaluskan dan diayak zeolit alam (ZA) menggunakan ayakan 150 dan 200 mesh. Selanjutnya zeolit lolos ayakan 200 mesh ditimbang sebanyak 250 gram dan direndam dalam 500 ml akuades sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama sehari semalam pada suhu kamar. Kemudian disaring campuran dan endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam. Dalam tahap ini akan dihasilkan zeolit alam preparasi (ZA).

3.5.2 Aktivasi Zeolit Alam (Suharto, dkk., 2007)

Aktivasi dilakukan pada zeolit alam preparasi. Langkah pertama ditimbang 50 gram zeolit preparasi dan ditambahkan larutan NH_4NO_3 2 M sebanyak 100 ml. Kemudian campuran diaduk secara kontinyu selama 4 jam tanpa pemanasan. Campuran disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH filtrat netral. Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter. Selanjutnya padatan yang diperoleh

dipanaskan pada suhu 110 °C dalam oven selama 12 jam. Dalam tahap ini akan dihasilkan katalis zeolit alam aktivasi yaitu H-ZA.

3.5.3 Modifikasi H-ZA dengan Metode Impregnasi (Suharto, dkk.,2007)

Modifikasi dilakukan pada H-ZA. Langkah pertama ditimbang H-ZA sebanyak 25 g. Kemudian H-ZA dicampur dengan larutan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 0,24 M. Campuran diaduk selama 2 jam. Kemudian dilakukan proses hidrotermal dengan cara campuran dipanaskan pada suhu 90 °C dalam oven selama 12 jam dalam botol hidrotermal. Kemudian zeolit hasil hidrotermal disaring. Endapan yang dihasilkan kemudian dioven dengan suhu 100 °C selama 2 jam untuk menghilangkan air. Selanjutnya dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 4 jam menggunakan tanur listrik. Pada tahap ini akan dihasilkan katalis zeolit alam modifikasi yaitu Sn-HZA.

3.5.4 Karakterisasi

3.5.4.1 Analisis Kristalinitas dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*

Karakterisasi dengan XRD dilakukan terhadap H-ZA, Sn-HZA dan SnCl_2 . Mula-mula cuplikan dihaluskan hingga menjadi serbuk yang halus, kemudian ditempatkan pada preparat dan dipress dengan alat pengepres. Selanjutnya ditempatkan pada *sampel holder* dan disinari dengan sinar-X Cu K_α ($\lambda=1,54\text{\AA}$) pada sudut $2\theta = 5^\circ-60^\circ$ dengan kecepatan scan $0,02^\circ/\text{detik}$.

3.5.4.2 Analisis Morfologi Zeolit dengan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Analysis X-Ray (SEM-EDAX)*

Zeolit alam hasil modifikasi dikarakterisasi dengan SEM-EDAX untuk analisis morfologi permukaan dan untuk analisis elemen yang terdapat dalam

sampel zeolit terimpregnasi. Sampel dilapisi dengan Au dan Pd kemudian ditempatkan pada tempat sampel instrumen SEM-EDAX. Selanjutnya dilakukan pengamatan pada rentang perbesaran 3.000 sampai dengan 20.000 kali hingga terlihat ukuran dan bentuk partikel zeolit terimpregnasi dengan jelas.

3.5.4.3 Analisis Keasaman dengan Metode Adsorpsi Amoniak (Musta, 2010)

Penentuan keasaman dilakukan pada ZA, H-ZA, Sn-HZA dengan metode gravimetri adsorpsi amoniak. Keasaman yang ditentukan adalah keasaman total. Mula-mula cawan kosong dioven selama 1 jam pada suhu ± 110 °C, kemudian ditimbang (W1). Sampel seberat 0,2 gram dimasukkan ke dalam cawan tersebut dan kemudian dioven kembali pada suhu yang sama selama 1 jam. Cawan berisi sampel didinginkan sebentar dalam suhu ruang, kemudian ditimbang lagi untuk mengetahui berat sampel sebenarnya (tanpa air) (W2). Cawan berisi sampel diletakkan dalam desikator yang di dalamnya telah diletakkan cawan penguap yang berisi amoniak. Kran desikator ditutup dan desikator dibiarkan selama 24 jam agar gas amoniak teradsorpsi secara sempurna. Kemudian cawan yang berisi sampel diangin-anginkan dan setelah itu beratnya ditimbang (W3). Dihitung nilai keasaman masing-masing sampel.

3.5.4.4 Analisis Luas Permukaan dengan Metode Adsorpsi *Methylen Blue*

(Hidayah, dkk., 2004)

Analisis luas permukaan dengan adsorpsi *methylen blue* dilakukan pada sampel ZA, H-ZA, dan Sn-HZA. Langkah-langkah dalam metode ini adalah sebagai berikut :

a). Penentuan panjang gelombang maksimum *methylen blue*

Larutan *methylen blue* 8 ppm diukur pada panjang gelombang 600-680 nm dengan spektrofotometer UV-VIS. Kemudian dianalisis spektranya dan dicari panjang gelombang maksimumnya. Panjang gelombang maksimum ini digunakan pada setiap pengukuran dengan spektrofotometer UV-VIS dalam tahap selanjutnya.

b). Penentuan Waktu Kestabilan *Methylen Blue*

Diambil 20 mL larutan *metylen blue* 8 ppm selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum untuk setiap variasi waktu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90 menit tersebut dengan spektrofotometer UV-VIS. Ditentukan waktu kestabilan kompleks *methylen blue* yaitu absorbansi *methylen blue* cenderung stabil.

c). Pembuatan kurva baku

Dibuat seri larutan baku *methylen blue* dengan konsentrasi 1-8 ppm. Kemudian diukur absorbansi setiap konsentrasi dengan spektrofotometer UV-VIS dalam waktu kestabilan kompleks *methylen blue*. Lalu dibuat kurva hubungan antara konsentrasi dengan adsorbansi, dimana y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi. Persamaan ini digunakan untuk menentukan konsentrasi *methylen blue* yang tidak teradsorp (sisa).

d). Penentuan Waktu Keseimbangan Adsorpsi dan Luas Permukaan Zeolit

Diambil 10 mL larutan *methylen blue* 16 ppm dan ditambahkan 0,05 g sampel zeolit. Selanjutnya dishaker dengan kecepatan 150 rpm. Campuran disaring dan filtrat diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum

untuk setiap variasi waktu 10, 20, 30, 40, 50, 60 dan 70 menit. tersebut dengan spektrofotometer UV-VIS. Ditentukan waktu kestabilan adsorpsi kompleks *methylen blue* yaitu waktu ketika jumlah *methylen blue* yang teradsorp oleh 1 g zeolit (X_m) cenderung stabil. Selanjutnya diambil nilai X_m maksimal lalu digunakan untuk menghitung luas permukaan zeolit.

3.5.5 Penentuan Aktivitas Katalitik H-ZA dan Sn-H-ZA pada Reaksi Isomerisasi Glukosa

3.5.5.1 Isomerisasi Glukosa (Moreau, dkk., 2000)

Isomerisasi glukosa dilakukan dengan metode *batch* menggunakan labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk, termometer dan *refluks* kondensor. Sebanyak 5 g glukosa dilarutkan dalam 50 mL aquades. Selanjutnya ditambahkan H-ZA sebanyak 1 g. Kemudian larutan dipanaskan dengan variasi suhu 110, 120 dan 130 °C dengan *hotplate* dan kecepatan pengadukan 300 rpm. Diambil larutan sampel sebanyak 6 mL dan diletakkan dalam tabung reaksi pada setiap jam ke-0, 1, 2, 3 dan 4. Tabung segera diletakkan dalam wadah berisi es. Kemudian larutan disentrifus dan filtratnya dianalisis dengan polarimeter. Prosedur ini dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

3.5.5.2 Analisis Hasil Isomerisasi dengan Polarimeter

3.5.5.2.1 Penentuan Sudut Putar Bidang Polarisasi Spesifik Glukosa dan Fruktosa

Penentuan sudut putar bidang polarisasi spesifik glukosa (α_{sg}) dilakukan dengan cara diukur sudut putar bidang polarisasi pada rentang konsentrasi glukosa

yaitu 2, 4, 6, 8, 10 dan 12 % dalam 25 mL aquades menggunakan polarimeter. Diulangi langkah-langkah tersebut untuk larutan fruktosa. Pada tahap ini akan didapatkan sudut putar bidang polarisasi spesifik glukosa (α_{sg}) dan sudut putar bidang polarisasi spesifik fruktosa (α_{sf}) yang digunakan untuk perhitungan konsentrasi glukosa sisa reaksi.

3.5.5.2.2 Penentuan Konversi Glukosa dengan Polarimeter

Dipipet 1 mL hasil isomerisasi glukosa kemudian dimasukkan dalam labu ukur 25 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas. Dimasukkan akuades ke dalam tabung sampel pada polarimeter dan diputar hingga angka nol untuk kalibrasi. Akuades dibuang dan dibilas tabung dengan larutan sampel. Selanjutnya larutan sampel dimasukkan ke dalam tabung dan diukur sudut putar bidang polarisasinya. Pengukuran sudut dilakukan dengan cara memutar skala sirkuler dan skala nonius hingga warna hitam pada salah satu sisi lensa okuler menjadi terang. Nilai tersebut menunjukkan sudut putar bidang polarisasi glukosa sisa reaksi. Selanjutnya nilai ini diolah sehingga menghasilkan nilai konversi glukosa.

3.5.5.3 Analisis Hasil Isomerisasi Glukosa dengan HPLC

Hasil terbaik dari polarimeter adalah sampel yang menghasilkan nilai konversi glukosa tertinggi. Sampel ini selanjutnya dianalisis dengan HPLC sehingga akan diketahui berbagai senyawa yang dihasilkan dari reaksi isomerisasi berikut konsentrasinya.

3.5.5.3.1 Pengukuran Standar dengan HPLC

Pengukuran standar dilakukan pada standar glukosa dan fruktosa. Langkah pertama disiapkan larutan standar dengan konsentrasi 1% (b/v). Kemudian,

diinjeksikan standar ke dalam injektor sebanyak 20 μmL pada *handle injector*. Pada saat injeksi *handle injector* berada pada posisi *load*. Setelah injeksi maka *handle injector* diputar pada posisi *inject* sehingga larutan standar masuk ke dalam kolom yang bertekanan. Selanjutnya dilakukan *running* pada alat HPLC dengan kondisi yaitu :

Kolom	: Aminex HPX 87 C
Ukuran	: 300 X 7,8 mm
Fase Gerak	: Akuabides
Suhu Kolom	: 80°C
Tekanan pompa	: 344 psi
Flow Rate	: 0,6 mL/menit
Elusi	: Isokratik
Detektor	: <i>Refractive Index Detector</i>

Melalui analisis ini didapatkan kromatogram yang menggambarkan waktu retensi masing-masing glukosa dan fruktosa standar yang nantinya digunakan sebagai kromatogram standar untuk analisis sampel hasil konversi glukosa menjadi fruktosa.

3.5.5.3.2 Penentuan Selektivitas Fruktosa dengan HPLC

Pengukuran hasil konversi dilakukan pada sampel hasil terbaik analisis dari polarimeter yang memberikan konversi glukosa paling tinggi. Pengukuran standar dilakukan pada standar glukosa dan fruktosa. Langkah pertama disiapkan larutan standar dengan konsentrasi 1 % (b/v). Kemudian, diinjeksikan standar ke dalam injektor sebanyak 20 μmL pada *handle injector*. Pada saat injeksi *handle injector* berada pada posisi *load*. Setelah injeksi maka *handle injector* diputar pada posisi

inject sehingga larutan standar masuk ke dalam kolom yang bertekanan. Selanjutnya dilakukan *running* pada alat HPLC dengan kondisi seperti pada pengukuran standar.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh berupa nilai konversi glukosa yang dihitung dari data polarimeter untuk masing-masing temperatur yang pada setiap jam ke-0,1,2, 3,dan 4 dengan ulangan tiga kali. Nilai konversi ini dianalisis dengan statistik untuk mengetahui perlakuan yang paling berpengaruh. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Faktorial. Sedangkan analisis hipotesis dilakukan dengan menggunakan uji ANOVA (Yitnosumarto, 1993). Untuk mengetahui pengaruh suhu dan jenis zeolit terhadap konversi glukosa yang diperoleh maka:

a. $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka terdapat pengaruh perlakuan sehingga H_0 ditolak.

Kemudian dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

b. $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tidak terdapat pengaruh perlakuan sehingga H_0 diterima

dimana:

- H_0 (hipotesa awal) adalah variasi suhu dan jenis zeolit tidak ada pengaruh pada konversi glukosa
- H_1 (hipotesa alternatif) adalah variasi suhu dan jenis zeolit ada pengaruh pada konversi glukosa

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang tahapan-tahapan kerja yaitu preparasi, aktivasi dan modifikasi zeolit alam Malang menggunakan logam Sn serta aktivitas katalitiknya pada reaksi isomerisasi glukosa. Selanjutnya akan disajikan data-data beserta pembahasan hasil karakterisasi dan hasil analisis aktivitas katalis dalam isomerisasi glukosa. Data hasil karakterisasi meliputi data dari analisis kristalinitas dengan XRD, analisis morfologi menggunakan SEM, analisis keasaman menggunakan metode adsorpsi amoniak, serta analisis luas permukaan dengan metode adsorpsi *methylen blue*. Sedangkan data hasil analisis aktivitas katalis dalam isomerisasi glukosa meliputi data dari analisis polarimeter dan analisis HPLC.

4.1 Preparasi Zeolit Alam Malang

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam yang berasal dari Sumbermanjing, Malang Selatan. Preparasi sampel bertujuan untuk menyeragamkan ukuran zeolit dan menghilangkan pengotor fisik sehingga dapat memaksimalkan proses aktivasi. Penyeragaman ukuran zeolit dilakukan dengan cara zeolit dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Untuk menghilangkan pengotor-pengotor fisik, zeolit direndam dalam akuades dan diaduk dengan *stirrer* selama sehari semalam dalam suhu kamar. Kemudian campuran disaring dan diambil residunya untuk dipanaskan dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam. Pada tahap ini air yang masih terkandung dalam zeolit

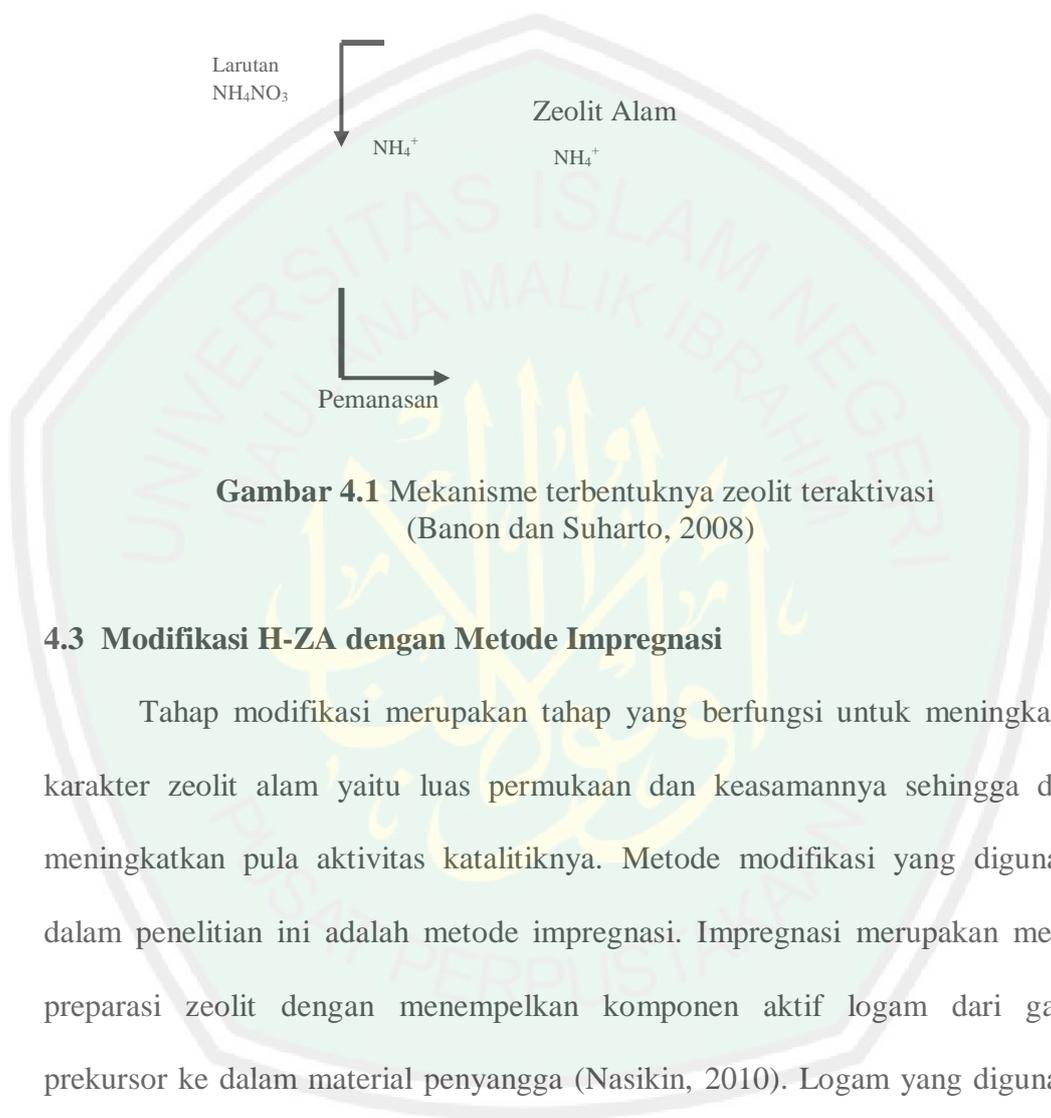
menguap sehingga didapatkan zeolit kering berbentuk bubuk dan berwarna abu-abu.

4.2 Aktivasi Zeolit Alam Malang

Aktivasi merupakan salah satu tahap untuk meningkatkan kualitas zeolit alam sebagai katalis. Zeolit alam Malang diaktivasi secara kimia yaitu dengan menggunakan larutan NH_4NO_3 2 M. Campuran zeolit alam dan NH_4NO_3 diaduk selama 4 jam tanpa pemanasan. Menurut penelitian Suharto (2007), kation logam alkali (Na^+ , K^+) atau alkali tanah (Ca^{2+} , Ba^{2+}) yang terdapat dalam zeolit alam dapat ditukarkan dengan NH_4^+ yang berasal dari NH_4NO_3 . Selanjutnya campuran disaring dan dibilas dengan akuades sampai pH filtrat netral. Proses pemanasan dengan suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 12 jam menyebabkan amonium (NH_4^+) terurai dan melepaskan gas amoniak (NH_3) (Suharto, 2007). Ion H^+ akan tertinggal pada permukaan zeolit dan menghasilkan bentuk zeolit teraktivasi yaitu H-ZA seiring dengan lepasnya gas amoniak. Logam-logam alkali dan alkali tanah dapat berkurang melalui pertukaran kation H^+ melalui proses tersebut (Ertan, 2005).

Mekanisme terbentuknya H-ZA disajikan pada Gambar 4.1. Mekanisme diawali dengan kation logam alkali dan alkali tanah yang digantikan dengan NH_4^+ . Selanjutnya dengan adanya pemanasan gas amoniak menguap sehingga yang tertinggal adalah kation H^+ pada permukaan zeolit. Bentuk ini adalah bentuk zeolit teraktivasi. Zeolit dengan bentuk ini akan memiliki aktivitas katalitik meningkat dibandingkan dengan zeolit alam. Selain itu bentuk ini akan lebih menguntungkan jika akan dilakukan modifikasi dengan metode impregnasi. Hal

ini dikarenakan kation H^+ yang terdapat pada permukaan zeolit akan lebih mudah digantikan dengan logam Sn daripada kation logam alkali dan alkali tanah.



Gambar 4.1 Mekanisme terbentuknya zeolit teraktivasi (Banon dan Suharto, 2008)

4.3 Modifikasi H-ZA dengan Metode Impregnasi

Tahap modifikasi merupakan tahap yang berfungsi untuk meningkatkan karakter zeolit alam yaitu luas permukaan dan keasamannya sehingga dapat meningkatkan pula aktivitas katalitiknya. Metode modifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode impregnasi. Impregnasi merupakan metode preparasi zeolit dengan menempelkan komponen aktif logam dari garam prekursor ke dalam material penyangga (Nasikin, 2010). Logam yang digunakan adalah logam Sn, sedangkan H-ZA merupakan material penyangga (*support*).

Dalam metode impregnasi, logam Sn yang telah dilarutkan dalam akuades dicampur dengan H-ZA dan diaduk selama 2 jam. Proses pengadukan berguna untuk memaksimalkan proses kontak interaksi antara larutan Sn dengan zeolit. Karena apabila tanpa pengadukan proses difusi larutan Sn akan berjalan lambat

sehingga proses adsorpsi maupun pertukaran kation pada permukaan zeolit akan berjalan lambat pula.

Tahap selanjutnya adalah tahap hidrotermal dimana campuran dimasukkan dalam botol hidrotermal dan dipanaskan dalam oven selama 12 jam pada suhu 90°C. Proses pemanasan pada hidrotermal dilakukan selama 12 jam untuk memaksimalkan kontak antara logam dengan permukaan zeolit. Berdasarkan penelitian Suharto (2007), waktu optimum yang digunakan dalam modifikasi adalah 12 jam. Pemanasan dilakukan dalam botol yang tertutup rapat yang menyebabkan air terus tertahan sehingga terjadi kesetimbangan uap-air. Proses pemanasan dengan kondisi tersebut menyebabkan komposisi larutan prekursor tetap terjaga (Nasikin, 2010). Tahap hidrotermal juga bertujuan untuk meminimalkan terjadinya *sintering*. *Sintering* merupakan suatu proses berkumpulnya partikel-partikel logam secara kompak yang membentuk gumpalan-gumpalan pada permukaan pori pengemban sehingga menutup sebagian pori dan sisi aktif katalis (Windriani, 2008). Menurut Barrer (1982) reaksi yang terjadi dalam proses hidrotermal adalah pembentukan inti kerangka zeolit dimana pada saat dilakukan kalsinasi nantinya akan terbentuk kristal.

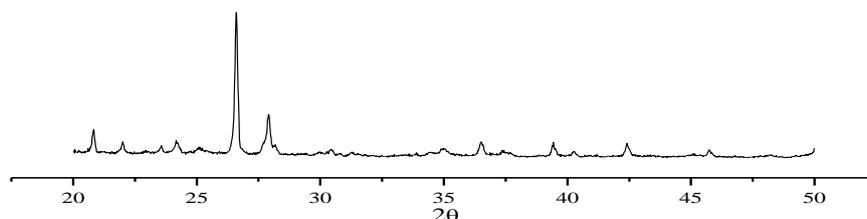
Campuran hasil hidrotermal disaring dan padatan yang dihasilkan selanjutnya dioven selama 2 jam dengan suhu 100 °C. Pemanasan ini merupakan tahap pemanasan awal sebelum kalsinasi. Tujuannya agar air yang terkandung pada zeolit menguap perlahan sehingga kristal zeolit tidak rusak akibat pemanasan dengan suhu tinggi secara tiba-tiba pada proses kalsinasi.

Kalsinasi dilakukan dengan suhu 500 °C selama 4 jam dalam tanur listrik. Kalsinasi merupakan perlakuan panas terhadap zeolit pada suhu yang relatif tinggi dalam *furnace* yang bertujuan menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, menghilangkan zat organik yang dikandung zeolit (Yuliusman dkk, 2001), serta pemantapan kerangka padatan zeolit (Ribeiro dkk., 1984 dan Zones, 1994 dalam Fajari, 2006). Zeolit alam aktif dan zeolit alam yang belum diaktivasi stabil sampai suhu 800 °C (Wibowo, 2004 dalam Maryani, 2010). Namun, dalam tahap kalsinasi suhu yang digunakan adalah 500 °C. Hal ini didasarkan pada penelitian Suharto (2007) dimana pada suhu tersebut zeolit yang diimpregnasi logam tidak mengalami *sintering* sehingga diharapkan aktivitas katalitiknya semakin baik. Melalui tahap ini dihasilkan padatan berwarna coklat kemerahan. Padatan ini merupakan katalis bifungsional Sn-HZA.

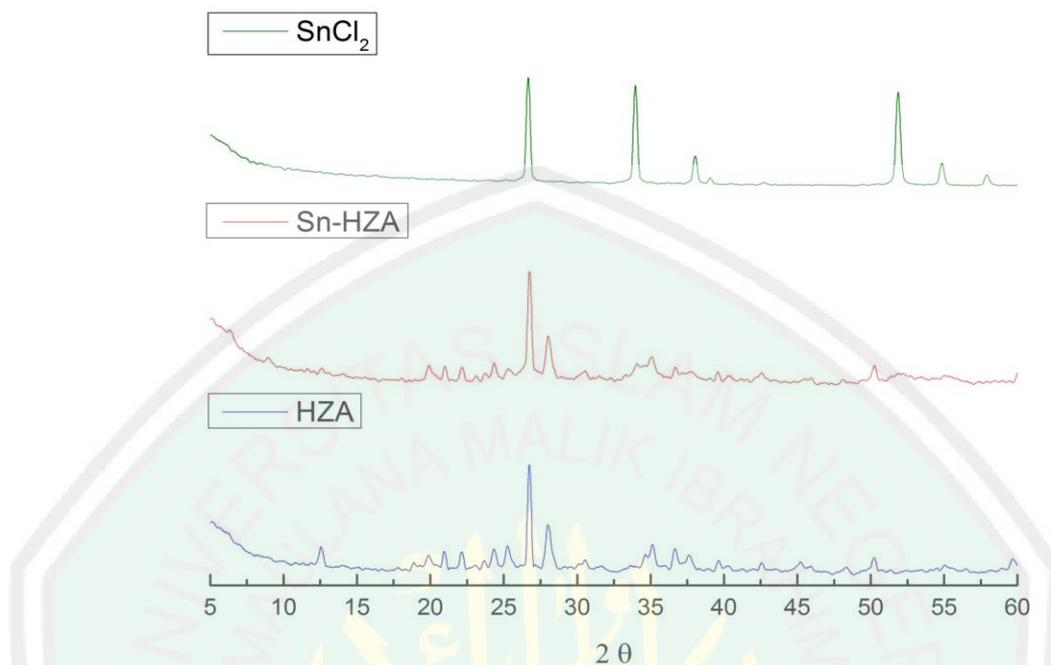
4.4 Karakterisasi

4.4.1 Karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dan mengetahui kemungkinan terbentuknya fasa baru selama aktivasi dan modifikasi zeolit. Botianovi (2012) telah melakukan karakterisasi dengan XRD pada zeolit alam Malang. Pola difraksi zeolit alam Malang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Difraktogram zeolit alam Malang (Botianovi, 2012)



Gambar 4.3 Perbandingan pola difraksi H-ZA, Sn-HZA dan SnCl₂

Zeolit alam Malang mempunyai struktur seperti mineral mordenit yang ditandai dengan adanya puncak khas pada $2\theta = 22,254^\circ$; $25,631^\circ$; dan $27,651^\circ$ (JCPDS No 700232) (Fatimah, 2010). Apabila pola difraksi zeolit alam dibandingkan dengan pola difraksi H-ZA maka terdapat kesesuaian puncak pada kedua pola tersebut. Puncak-puncak pada pola difraksi H-ZA yang sesuai dengan pola difraktogram zeolit alam yaitu pada $2\theta = 22,15^\circ$; $25,246^\circ$ dan $26,791^\circ$. Hasil ini menunjukkan bahwa proses aktivasi tidak merusak struktur zeolit. Pada pola difraksi tersebut ditunjukkan pula bahwa kristalinitas H-ZA cukup tinggi tetapi masih mengandung fase amorf

Modifikasi zeolit dengan pengembanan logam Sn juga tidak memberikan perubahan struktur yang berarti. Pada Gambar 4.3 didapatkan adanya kesesuaian puncak khas antara Sn-HZA dan H-ZA. Hal ini menunjukkan bahwa struktur

mordenit masih dipertahankan selama proses modifikasi. Kristalinitasnya cukup tinggi, namun masih mengandung fase amorf. Dengan analisis XRD ini juga dapat diketahui bahwa logam Sn berhasil diimbakan pada zeolit teraktivasi. Hal ini ditandai dengan adanya puncak khas SnCl_2 yang memiliki intensitas rendah pada puncak Sn-HZA yaitu pada $2\theta = 54,808^\circ$. Selain itu adanya penurunan intensitas pada puncak-puncak Sn-HZA menunjukkan logam Sn telah berada pada permukaan zeolit. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fatimah (2002) dan Irvantino (2013) dimana terjadi penurunan intensitas setelah pengembunan logam pada zeolit alam. Selain itu tidak terbentuknya puncak-puncak baru selain puncak-puncak khas SnCl_2 menandakan bahwa tidak terbentuknya fasa atau senyawa baru yang mempunyai kristalinitas yang tinggi. Perbandingan puncak khas H-ZA, Sn-HZA dan SnCl_2 disajikan dalam Tabel 4.1.

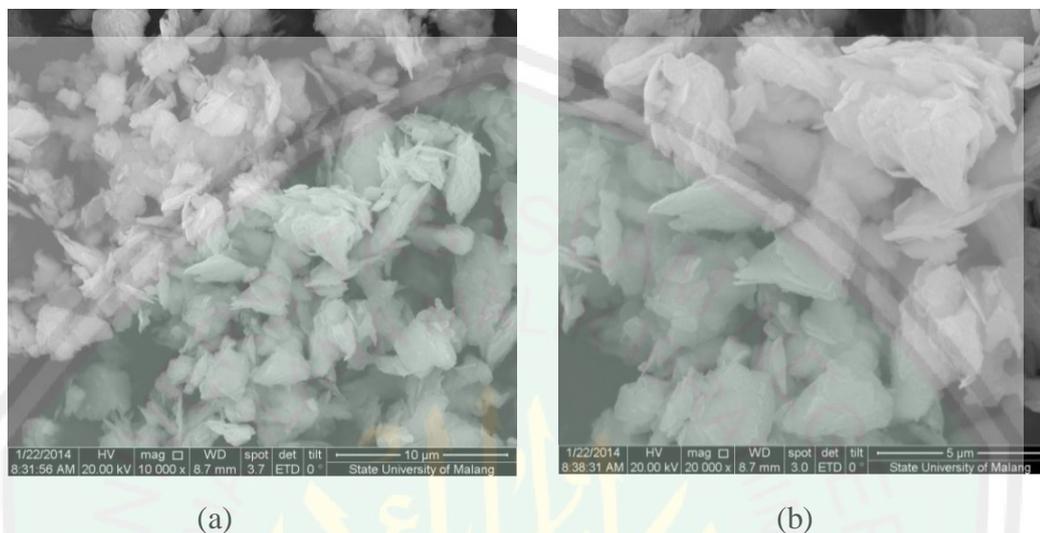
Tabel 4.1 Perbandingan puncak khas H-ZA, Sn-HZA dan SnCl_2

H-ZA	Sudut 2θ	
	Sn-HZA	SnCl_2
19,88; 20,97; 22,15	19,93; 21,00; 22,17	26, 68; 33,94; 38,05
24,38; 25,25; 26,76	24,38; 25,40; 26,78	51,85; 54,81; 57,87
28,05; 30,56; 35,16	28,09; 30,58; 35,04	
36,64; 37,58; 39,60	36,66; 37,78; 39,60	
50,25	50,23	

4.4.2 Karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive Analysis X-Ray* (SEM-EDAX)

Morfologi permukaan Sn-HZA dianalisis dengan SEM-EDAX. Dalam analisis tersebut akan terlihat morfologi permukaan zeolit berikut kandungan

unsur-unsurnya. Analisis yang dilakukan pada perbesaran 10.000 dan 20.000 kali ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil SEM morfologi Sn-HZA perbesaran 10.000 kali (a), perbesaran 20.000 kali (b)

Pada perbesaran 10.000 kali dan 20.000 kali terlihat bahwa bentuk morfologi permukaan zeolit kurang seragam. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada fase amorf yang bercampur dalam struktur Sn-HZA. Hasil analisis kandungan unsur-unsur pada zeolit modifikasi menunjukkan bahwa logam Sn yang berhasil diimpregnasikan sebesar 6,94 %. Persen berat unsur-unsur yang terkandung dalam zeolit modifikasi disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kandungan unsur-unsur dalam zeolit modifikasi

Unsur	% berat
O	42.83
Na	2.78
Mg	2.19
Al	10.63
Si	23.18
K	2.44
Sn	6.94
Fe	9.01

4.4.3 Analisis Keasaman Metode Adsorpsi Amoniak

Penentuan keasaman dilakukan pada zeolit alam, H-ZA dan Sn-HZA dengan metode adsorpsi amoniak. Sampel yang sebelumnya telah dipanaskan selama 2 jam pada suhu 120 °C beserta cawan berisi amoniak diletakkan dalam desikator. Proses adsorpsi gas amoniak oleh sampel terjadi pada kondisi ini. Jumlah basa amoniak dari fasa gas yang diadsorpsi oleh permukaan padatan ekuivalen dengan jumlah asam pada permukaan padatan yang menyerap basa tersebut. Adanya basa amoniak yang teradsorpsi pada H-ZA maupun Sn-HA mengakibatkan terjadinya reaksi pembentukan ion ammonium (NH_4^+). Adapun reaksi yang terjadi adalah (Yusnani, 2008):



Zeolit dapat digunakan sebagai katalis karena memiliki situs asam Brønsted dan Lewis. Situs asam Brønsted adalah situs yang dapat melepaskan H^+ , sedangkan situs asam Lewis adalah situs yang dapat menerima pasangan elektron (Trisunaryanti, 2009). Menurut Gervasini, dkk. (2000) dalam Hidayah (2004) ikatan yang dibentuk NH_3 dengan situs-situs asam meliputi beberapa cara. Pertama, adanya transfer proton dari gugus hidroksil pada permukaan pengemban ke adsorbat dan terjadi dengan situs asam Brønsted. Kedua, yaitu dengan membentuk ikatan koordinasi dengan kation-kation logam dan terjadi dengan situs asam Lewis melalui pendonoran pasangan elektron bebas dari adsorbat (NH_3). Cara ketiga merupakan cara yang paling lemah yaitu dengan pembentukan ikatan hidrogen. Jumlah keasaman dalam zeolit diukur dengan metode gravimetri. Jumlah keasaman yang terukur adalah jumlah keasaman total yang merupakan

asam Brønsted dan asam Lewis. Hasil analisis keasaman total zeolit tercantum dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Keasaman total zeolit

Sampel	Keasaman Total (mmol/gr)
Zeolit Alam (ZA)	1,4850
Zeolit Teraktivasi (H-ZA)	2,3145
Zeolit Modifikasi (Sn-HZA)	2,6468

Berdasarkan Tabel 4.3 H-ZA memiliki keasaman total lebih besar daripada zeolit alam. Meningkatnya keasaman dipengaruhi oleh ion H^+ pada kerangka zeolit dari proses pemanasan NH_4 -zeolit menjadi H-zeolit dengan melepaskan gas NH_3 (Nugrahaningtyas, dkk., 2009). Sn-HZA memiliki keasaman total yang paling besar dibandingkan zeolit alam dan zeolit teraktivasi. Hasil ini mendukung data XRD bahwa logam Sn telah terimpregnasi pada zeolit yang ditandai dengan peningkatan keasaman. Peningkatan ini terjadi karena logam Sn dapat bertindak sebagai asam lewis, sehingga dapat menambah situs asam pada zeolit tersebut (Corma dkk, 2003).

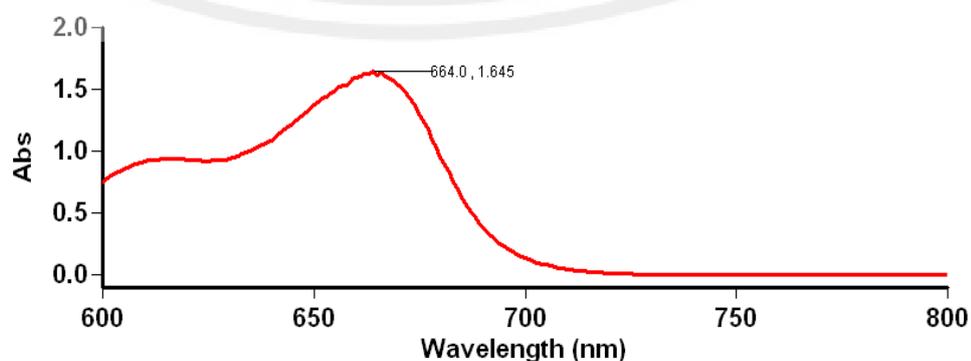
4.4.4 Analisis Luas Permukaan Metode Adsorpsi *Methylene Blue*

Selain keasaman, salah satu karakter lain yang dimiliki zeolit sehingga dapat digunakan sebagai katalis adalah luas permukaan. Luas permukaan merupakan parameter yang penting untuk katalis padat karena sangat menentukan aktivitas katalis (Istadi, 2011). Pengukuran luas permukaan zeolit menggunakan pendekatan luas dari setiap 1 molekul *methylen blue* yang mengisi volume pori

zeolit. Luas penutupan oleh 1 molekul *methylen blue* sebesar $197,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$. Sedangkan dalam setiap satu mol terdiri atas $6,02 \times 10^{23}$ molekul sesuai dengan bilangan Avogadro. Sehingga dengan pendekatan ini dapat diketahui luas permukaan zeolit dengan banyaknya *methylen blue* yang teradsorpsi dalam pori, dimana luas permukaan itu sendiri dibentuk dari banyaknya volume pori yang ada pada zeolit.

4.4.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimal

Tahap pertama dalam penentuan luas permukaan zeolit adalah panjang gelombang maksimal. Pada panjang gelombang maksimal akan menghasilkan adsorbansi maksimal dari *methylen blue*. Pada panjang gelombang maksimal kepekaan alat juga maksimal sehingga perubahan absorbansi untuk setiap satuan konsentrasi adalah yang paling besar (Gandjar, 2007). Penentuan panjang gelombang maksimal dilakukan pada larutan *methylen blue* 8 ppm menggunakan spektrofotometri UV-VIS. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 600-680 nm. Hasil panjang gelombang maksimal yang diperoleh disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Panjang gelombang maksimal *methylen blue*

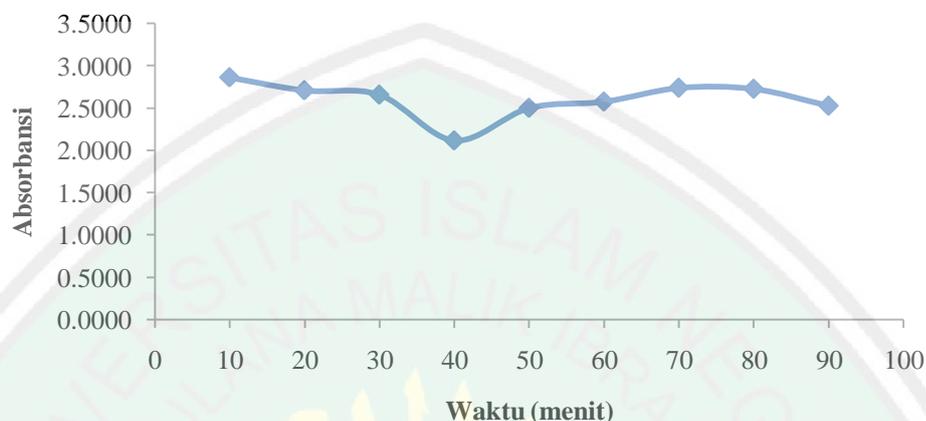
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimal *methylen blue* yang didapatkan adalah 664 nm. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, dimana panjang gelombang maksimal *methylen blue* adalah 665 nm (Setyawan, 2006). Panjang gelombang ini menunjukkan bahwa *methylen blue* menyerap radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang maksimal daerah sinar tampak. Hal ini dapat dikaitkan pada struktur *methylen blue* dimana terdapat gugus kromofor yang dapat menyerap sinar ultraviolet dan sinar tampak. Struktur kromofor memiliki ikatan rangkap terkonjugasi sehingga memungkinkan terjadinya transisi elektron dari $n \rightarrow \pi^*$ dan $\pi \rightarrow \pi^*$ (Supratman, 2010). Panjang gelombang ini selanjutnya digunakan dalam pembuatan kurva baku, penentuan waktu kestabilan *methylen blue* dan penentuan luas permukaan zeolit.

4.4.4.2 Penentuan Waktu Kestabilan *Methylen blue*

Methylen blue merupakan senyawa berwarna yang rentan terhadap terjadinya kerusakan atau terurai. Oleh karena itu semakin lama waktu pengukuran, maka ada kemungkinan intensitas warnanya turun sehingga absorbansinya juga turun. Karena alasan tersebut, maka untuk pengukuran absorbansi senyawa berwarna harus dilakukan pada waktu operasional dalam hal ini adalah waktu kestabilan *methylen blue* (Gandjar, 2007).

Waktu kestabilan *methylen blue* ditentukan dengan mengukur hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi larutan *methylen blue* 8 ppm. Pengukuran dilakukan setiap 10 menit dalam rentang waktu 10-90 menit pada

panjang gelombang 664 nm. Hasil pengukuran absorbansi setiap waktu disajikan dalam kurva pada Gambar 4.6.

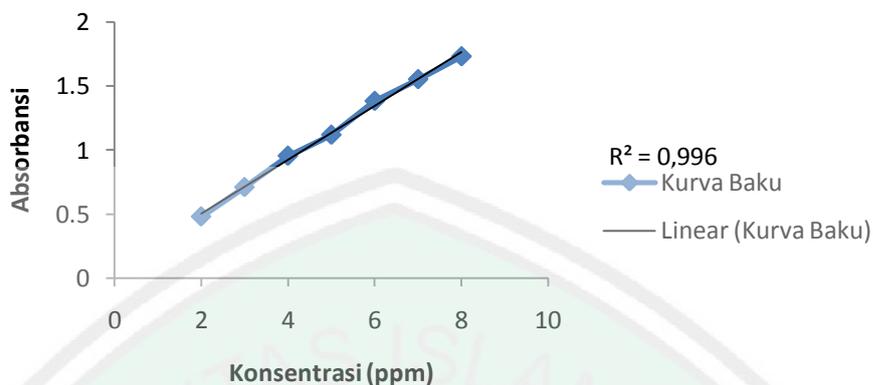


Gambar 4.6 Kurva kestabilan *methylen blue*

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa waktu kestabilan *methylen blue* adalah pada rentang 50-80 menit. Kurva cenderung berbentuk lurus pada rentang tersebut yang menunjukkan absorbansi telah stabil. Pengukuran absorbansi pada pembuatan kurva baku selanjutnya dilakukan pada rentang waktu 50-80 menit.

4.4.4.3 Pembuatan Kurva Baku

Kurva baku merupakan hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi larutan *methylen blue* (x). Masing-masing absorbansi seri larutan *methylen blue* 1-8 ppm diukur pada panjang gelombang 664 nm. Bila hukum Lambert-Beer terpenuhi, maka kurva baku berupa garis lurus dimana intensitas yang diteruskan oleh larutan zat penyerap berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Berdasarkan perlakuan tersebut, didapatkan kurva baku yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



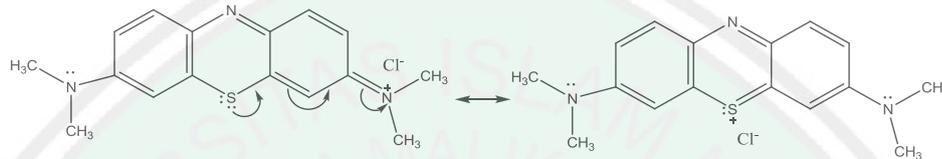
Gambar 4.7 Kurva baku *methylen blue* konsentrasi 1–8 ppm

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan yang sesuai dengan hukum Lambert-Beer. Melalui kurva baku didapatkan persamaan $y = 0,209x + 0,083$. Persamaan ini selanjutnya digunakan untuk menentukan konsentrasi *methylen blue* yang teradsorp oleh zeolit.

4.4.4.4 Penentuan Luas Permukaan Zeolit

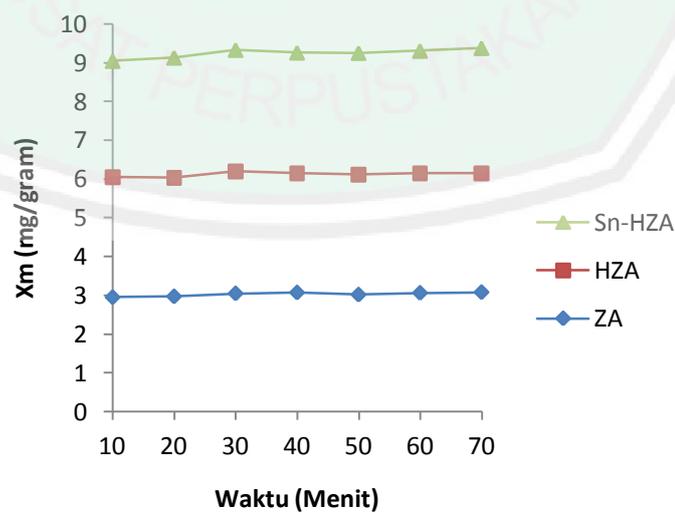
Luas permukaan zeolit ditentukan berdasarkan adsorpsinya terhadap *methylen blue*. Proses adsorpsi terjadi ketika zeolit dicampurkan pada larutan *methylen blue*. Interaksi yang terjadi antara zeolit dan *methylen blue* disebabkan oleh beberapa kemungkinan. Pertama, adanya *ion exchange* antara ion H^+ pada HZA maupun Sn-HZA dengan kation *methylen blue* menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik antara muatan positif *methylen blue* dengan muatan negatif pada kerangka tetrahedral alumina. Muatan positif *methylen blue* terletak pada atom N atau atom S (Gambar 4.8) (Simoncic dan Armbruster, 2005). Kedua, interaksi antara gugus hidroksil pada permukaan zeolit dengan muatan positif

methylen blue yaitu OH--S atau ikatan hidrogen antara OH--N (Canli, dkk., 2005). Ketiga, interaksi karena pembentukan ikatan hidrogen yaitu CH--O pada kerangka mordenit (Simoncic dan Armbruster, 2005). Gugus CH berasal dari *methylen blue*, sedangkan atom O berasal dari kerangka pada permukaan zeolit.



Gambar 4.8 Struktur *methylen blue*

Pengadukan campuran zeolit dengan *methylen blue* dilakukan dalam rentang waktu 10-70 menit dan setiap 10 menit filtrat dari campuran tersebut diukur absorbansinya. Hal ini dilakukan untuk mencari waktu kesetimbangan adsorpsi dimana konsentrasi *methylen blue* yang teradsorpsi dan yang terdesorpsi telah stabil (Setiawan, 2006). Hasil pengukuran absorbansi *methylen blue* setiap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kurva kesetimbangan adsorpsi *methylen blue* oleh zeolit

Berdasarkan Gambar 4.9 didapatkan waktu kesetimbangan adsorpsi untuk zeolit alam, H-ZA dan Sn-HZA adalah pada rentang 50-70 menit. Sehingga absorbansi yang menunjukkan luas permukaan zeolit berada pada rentang waktu tersebut. Selanjutnya dengan data absorbansi dihitung nilai luas permukaannya menggunakan persamaan kurva baku. Hasil perhitungan luas permukaan zeolit alam, zeolit teraktivasi dan Sn-HZA dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Luas permukaan zeolit

Sampel	Luas Permukaan (m²/gr)
Zeolit Alam (ZA)	11,4077
Zeolit Teraktivasi (H-ZA)	11,4738
Zeolit Modifikasi (Sn-HZA)	11,6909

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa H-ZA memiliki luas permukaan lebih besar daripada zeolit alam. Hal ini dipengaruhi oleh proses aktivasi yang dapat mengurangi pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit sehingga dapat menambah luas permukaannya (Lestari, 2010). Sedangkan Sn-HZA memiliki luas permukaan paling besar dibandingkan zeolit alam dan H-ZA. Karena dengan pengembunan logam, maka luas permukaan katalis bertambah secara keseluruhan (Trisunaryanti, dkk., 2005). Dari hasil analisis luas permukaan yang diperoleh ini mendukung data XRD bahwa logam telah terimpregnasi pada zeolit. Dengan luas permukaan yang lebih besar maka diharapkan aktivitas katalitik zeolit akan lebih baik.

4.5 Penentuan Aktivitas Katalitik H-ZA dan Sn-H-ZA pada Reaksi Isomerisasi Glukosa

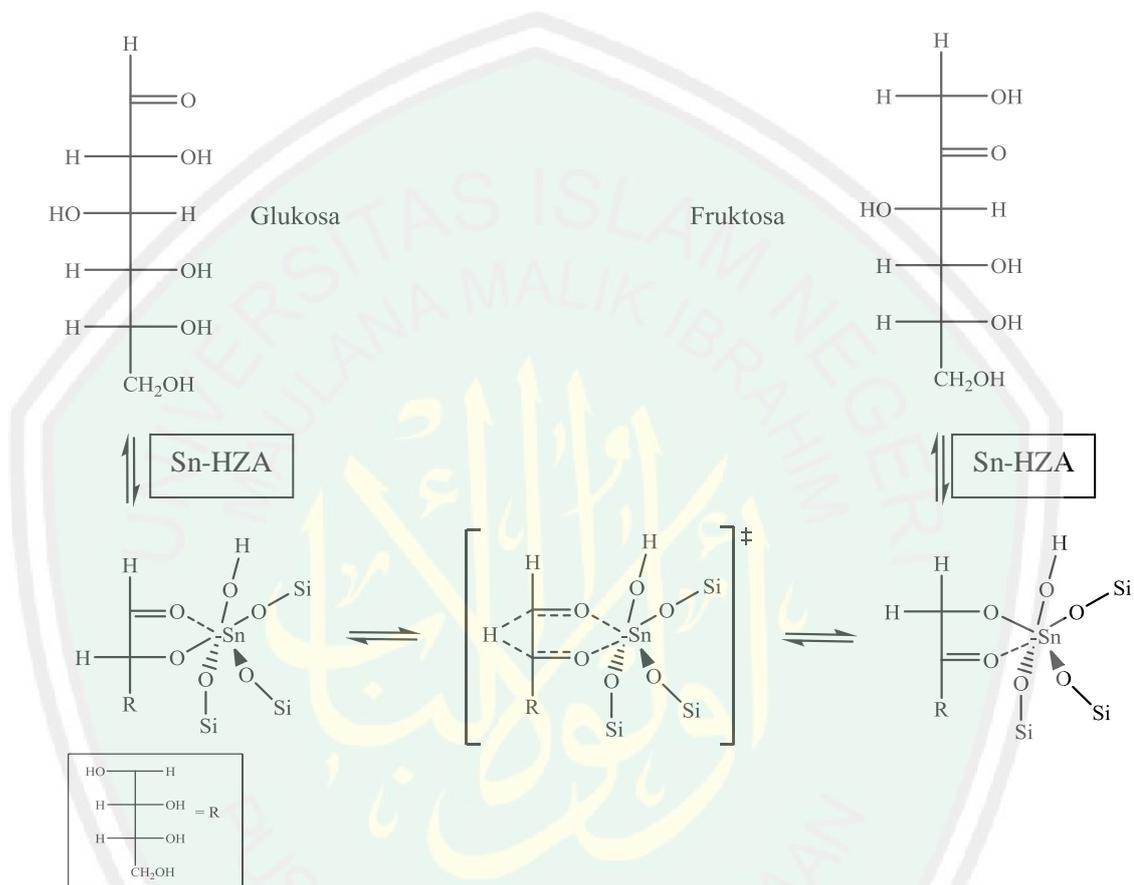
4.5.1 Isomerisasi Glukosa

Katalis H-ZA dan Sn-HZA diaplikasikan pada reaksi isomerisasi glukosa menggunakan metode *batch*, dimana semua reaktan dimasukkan sekaligus dan direaksikan dalam suatu reaktor. Glukosa akan berubah membentuk isomernya dalam reaksi isomerisasi. Zeolit berfungsi sebagai katalis sehingga dapat menurunkan energi aktivasi yang menyebabkan laju reaksi isomerisasi akan berjalan lebih cepat (Chang, 2005). Aktivitas katalitik zeolit dapat diketahui dengan menghitung konsentrasi glukosa sisa reaksi. Artinya glukosa awal telah berkurang karena diasumsikan glukosa telah berubah membentuk isomernya. Variasi suhu dalam waktu tertentu dan jenis katalis yang berbeda digunakan dalam reaksi ini sehingga akan diperoleh suhu dan jenis katalis yang dapat memberikan konversi terbaik.

Sn-HZA merupakan katalis heterogen, dimana fasa katalis berbeda dengan fasa reaktan. Reaksi pada katalis heterogen berawal dari teradsorpsinya reaktan pada permukaan aktif katalis. Selanjutnya akan terjadi reaksi pada permukaan katalis. Reaksi yang terjadi pada permukaan Sn-HZA adalah reaksi isomerisasi glukosa menjadi berbagai isomernya. Reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa yang melibatkan katalis dengan pusat logam Sn dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Glukosa dan fruktosa merupakan pasangan isomer. Glukosa merupakan jenis monosakarida yang memiliki gugus aldehid. Sementara fruktosa merupakan jenis monosakarida yang memiliki gugus keton. Dengan demikian glukosa

memiliki gugus karbonil ($-C=O$) pada C-1, sedangkan fruktosa memiliki gugus karbonil ($-C=O$) pada C-2.



Gambar 4.10. Skema representasi dugaan mekanisme reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa dengan katalis zeolit terimpregnasi logam Sn (Moliner, dkk., 2010)

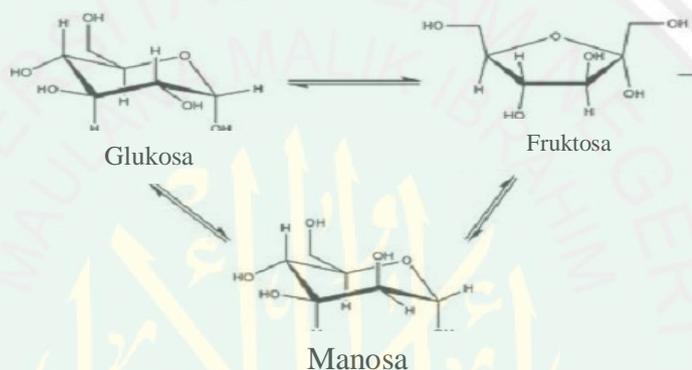
Mekanisme reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa yang dikatalisis Sn-HZA diduga melalui jalur perpindahan atom H dari C-2 ke C-1 (Gambar 4.14) Hal ini didasarkan pada penelitian Leshkov, dkk., (2010) yang menunjukkan bahwa reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa terjadi dengan jalan pergeseran atom hidrogen intramolekuler oleh kehadiran Sn-Beta. Pusat logam dalam Sn-Beta berfungsi sebagai asam Lewis dalam media larutan air.

Berdasarkan penelitian Corma, dkk., (2003), Sn-beta yang dianalisis dengan MAS (*Magic Angle Spinning*) NMR menunjukkan signal pada -444 ppm yang merujuk pada koordinasi tetrahedral Sn dalam rangka zeolit. Tidak ada puncak pada -690 ppm dan -740 ppm yang merujuk pada koordinasi oktahedral Sn yang ditemukan. Sehingga pada saat sebelum bereaksi dengan glukosa, logam Sn membentuk kompleks tetrahedral dengan atom O pada zeolit. Selanjutnya ketika reaksi isomerisasi glukosa terjadi, diduga logam Sn terkoordinasi pada dua atom O glukosa membentuk kompleks oktahedral. Kemudian senyawa intermediet terbentuk, dimana terjadi pemutusan atom hidrogen pada C-2 dan pembentukan ikatan antara atom hidrogen dengan C-1 pada senyawa glukosa. Atom O pada C-2 terstabilkan dengan membentuk ikatan rangkap. Dengan demikian terjadi pergeseran atom hidrogen pada glukosa yang menghasilkan fruktosa. Setelah reaksi terjadi, senyawa hasil reaksi dilepas dari permukaan katalis.

Reaksi isomerisasi menggunakan katalis Sn-HZA ini juga menghasilkan produk selain fruktosa yaitu manosa. Sebagaimana dalam penelitian Moliner, dkk (2010), reaksi isomerisasi glukosa yang dikatalisis oleh Sn-Beta dapat menghasilkan manosa sebesar 9 % pada suhu 140 °C. Skema pembentukan manosa disajikan dalam Gambar 4.11.

Menurut Harris, dkk (1974), reaksi transfer hidrogen secara intramolekuler ditemukan pada reaksi isomerisasi aldosa menjadi ketosa dan ketosa menjadi aldosa dengan katalis asam. Sehingga pembentukan manosa dengan katalis Sn-HZA diduga berjalan dengan jalur transfer hidrogen. Reaksi isomerisasi ini

bersifat endoterm ($\Delta H = 3 \text{ kJ/mol}$) dan reversibel (Moliner, dkk., (2010)). Adanya kenaikan suhu pada reaksi yang bersifat endoterm akan menggeser kesetimbangan reaksi ke arah produk. Dengan demikian ketika fruktosa telah terbentuk maka manosa dapat terbentuk pula pada suhu tertentu akibat pengaruh kesetimbangan termodinamik.

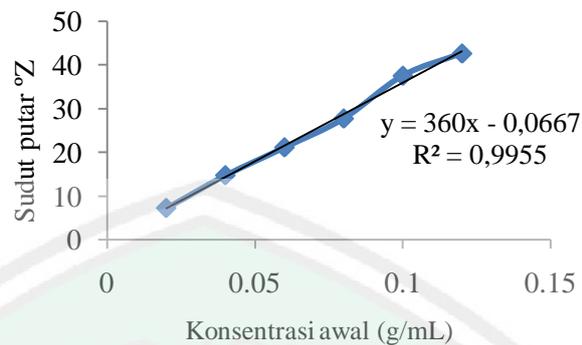


Gambar 4.11 Skema pembentukan manosa (Moliner, dkk., 2010)

4.5.2 Analisis Hasil Isomerisasi dengan Polarimeter

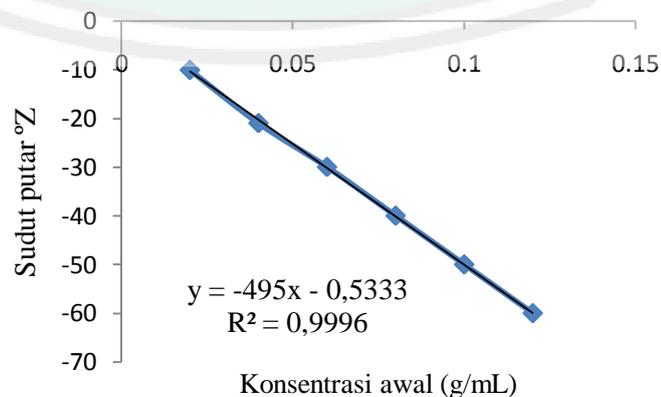
4.5.2.1 Penentuan Sudut Putar Bidang Polarisasi Spesifik Glukosa dan Fruktosa

Nilai sudut putar bidang polarisasi spesifik glukosa (α_{sg}) dan sudut putar bidang polarisasi spesifik fruktosa (α_{sf}) ditentukan dengan cara mengukur sudut putar bidang polarisasi pada rentang konsentrasi glukosa standar dan fruktosa standar yang berbeda menggunakan polarimeter. Konsentrasi glukosa dan fruktosa yang diukur adalah 2, 4, 6, 8, 10 dan 12 % dalam 25 mL akuades. Hasil pengukuran pada berbagai konsentrasi glukosa tersebut disajikan dalam grafik pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik hasil pengukuran α_{sg}

Melalui pengukuran tersebut didapatkan persamaan $y = 360x - 0,0667$. Setelah dilakukan linearisasi terhadap persamaan tersebut diperoleh nilai α_{sg} adalah $180 \text{ }^\circ\text{Z}$. Tanda positif menunjukkan bahwa glukosa dapat membelokkan cahaya terpolarisasi ke arah kanan (Poedjiadi, 2006). Grafik hasil pengukuran α_{sf} disajikan dalam Gambar 4.13. Berdasarkan grafik tersebut, didapatkan persamaan $y = -495x - 0,5333$. Setelah dilakukan linierisasi maka didapatkan nilai α_{sf} adalah $-247,5 \text{ }^\circ\text{Z}$. Tanda negatif menunjukkan bahwa fruktosa dapat membelokkan cahaya terpolarisasi ke arah kiri (Poedjiadi, 2006). Selanjutnya nilai α_{sg} dan α_{sf} digunakan untuk menentukan glukosa sisa dari larutan hasil reaksi isomerisasi glukosa.



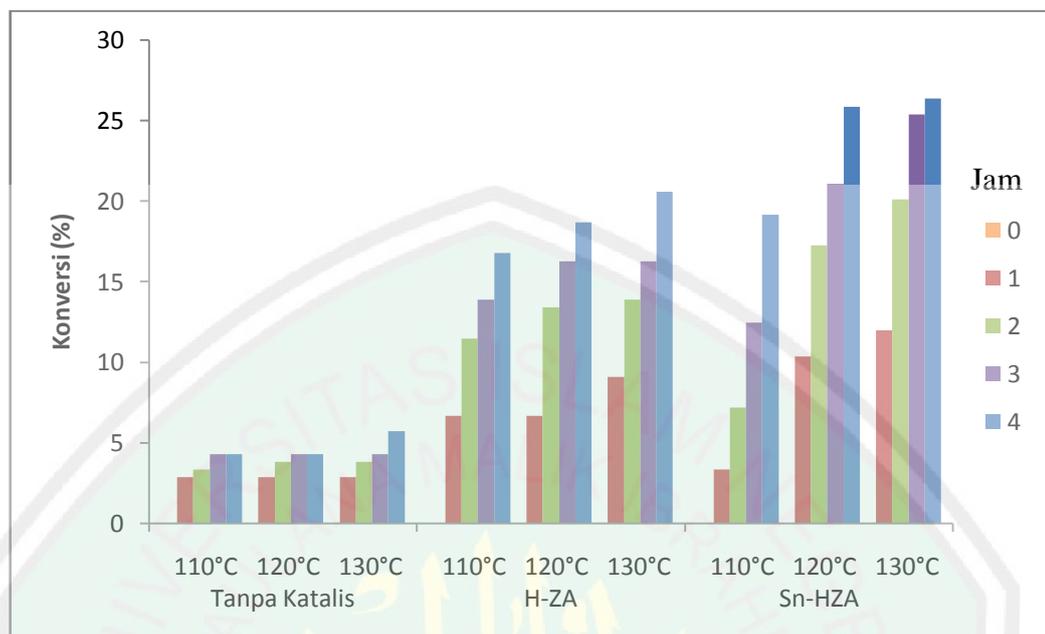
Gambar 4.13 Grafik hasil pengukuran α_{sf}

4.5.2.2 Penentuan Konversi Glukosa dengan Polarimeter

Konversi glukosa ditentukan berdasarkan konsentrasi glukosa yang tersisa dari reaksi isomerisasi. Penentuan konsentrasi tersebut dilakukan pada larutan glukosa yang diperoleh dari reaksi isomerisasi pada masing-masing variasi suhu dan jenis katalis dalam setiap waktu menggunakan polarimeter. Hasil pengukuran menggunakan polarimeter adalah besarnya sudut putar bidang polarisasi glukosa. Dengan nilai sudut putar bidang polarisasi (α_{obs}), nilai α_{sg} dan nilai α_{sf} dapat ditentukan konsentrasi glukosa sisa. Hasil pengukuran konsentrasi glukosa sisa menggunakan polarimeter disajikan dalam Lampiran 3, sedangkan hasil konversi glukosa disajikan pada Gambar 4.14.

Larutan dengan sudut putar bidang polarisasi terkecil adalah larutan dengan konsentrasi glukosa sisa terkecil. Larutan ini menunjukkan warna hitam yang paling pudar pada lensa polarimeter bagian kiri. Warna tersebut menunjukkan adanya glukosa dan berbagai senyawa lain yang dapat membelokkan cahaya terpolarisasi ke arah kanan. Konsentrasi glukosa terkecil menunjukkan semakin banyak glukosa yang telah terkonversi menjadi produk isomernya. Sehingga larutan dengan konsentrasi glukosa terkecil adalah larutan dengan konversi glukosa terbesar.

Pengukuran dengan polarimeter menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa sisa terkecil terdapat pada larutan hasil reaksi isomerisasi glukosa dengan katalis Sn-HZA pada suhu 130 °C dengan waktu reaksi selama 4 jam. Sehingga konversi glukosa dengan kondisi ini adalah yang paling besar.



Gambar 4.14. Grafik konversi glukosa hasil analisa dengan polarimeter

Konversi glukosa terbesar pada reaksi isomerisasi glukosa dengan katalis H-ZA, Sn-HZA maupun tanpa katalis diperoleh pada suhu 130 °C selama 4 jam. Pada kondisi tanpa katalis, dihasilkan konversi glukosa yang sangat kecil jika dibandingkan dengan kondisi adanya katalis. Konversi yang dihasilkan sebesar 5,75 %. Tanpa adanya katalis, reaksi isomerisasi sulit untuk berjalan. Sehingga sudut putar yang terbaca pada polarimeter diduga bukan dari hasil konversi, melainkan pengaruh dari ketelitian dalam pembacaan akibat kualitas warna hitam yang terbaca bersifat relatif. Sedangkan pada kondisi reaksi dengan katalis H-ZA konversi glukosa meningkat menjadi 20,59 %. Hal ini menunjukkan reaksi yang dikatalisis oleh H-ZA mempercepat terbentuknya produk. Karena pada kondisi reaksi yang sama glukosa terkonversi lebih banyak.

Konversi glukosa semakin meningkat menjadi 26,34 % pada kondisi reaksi dengan katalis Sn-HZA. Hasil ini menunjukkan bahwa katalis zeolit yang

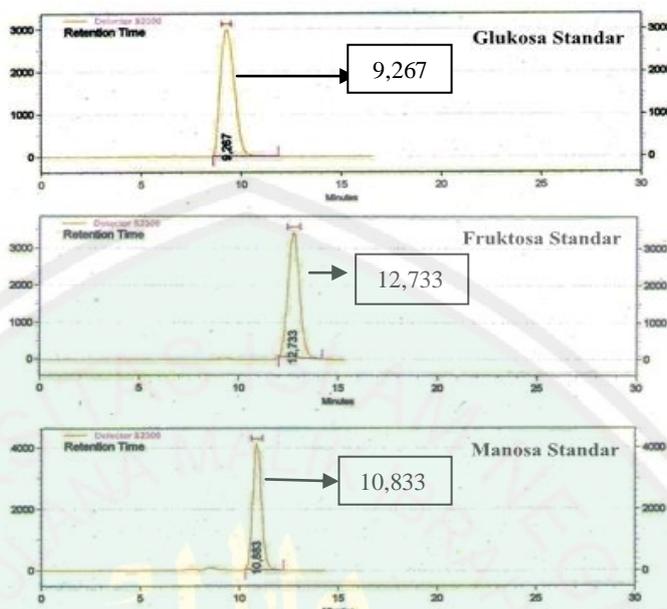
teremban logam Sn dapat mempercepat terbentuknya produk. Dimana pada kondisi yang sama seperti reaksi tanpa katalis dan reaksi yang dikatalisis oleh H-ZA, glukosa terkonversi paling banyak. Hal ini didukung oleh data keasaman dan data luas permukaan. Dimana katalis Sn-HZA memiliki nilai keasaman dan luas permukaan yang lebih besar daripada katalis H-ZA akibat penambahan logam. Sehingga aktivitas katalitiknya pada isomerisasi glukosa lebih besar pula. Secara keseluruhan, hasil konversi yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin bertambahnya suhu maka semakin besar pula nilai konversi yang dihasilkan. Selain itu dengan adanya katalis Sn-HZA maka semakin besar pula nilai konversi yang dihasilkan.

Nilai konversi glukosa berbagai perlakuan dianalisis dengan *General Linier Model* menggunakan rancangan acak faktorial pada program Minitab. Faktor yang berpengaruh adalah jenis katalis dan suhu. Selain itu juga dilakukan analisis pada interaksi terhadap setiap faktor. Hasil perhitungan menggunakan program minitab disajikan pada Lampiran 4. Berdasarkan perhitungan tersebut semua perlakuan dan interaksinya menunjukkan nilai F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} . Sehingga semua perlakuan dan interaksinya selanjutnya diuji dengan BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf kepercayaan 95 %. Dari perhitungan dengan BNT diduga perlakuan yang paling berpengaruh untuk reaksi isomerisasi glukosa adalah pada suhu 120 °C dengan katalis Sn-HZA. Karena perlakuan ini menunjukkan perbedaan perlakuan yang nyata dibandingkan perlakuan yang lain dengan taraf kepercayaan sebesar 95 %.

4.5.3 Analisis Hasil Isomerisasi dengan HPLC

Analisis hasil isomerisasi glukosa menggunakan polarimeter menunjukkan perlakuan-perlakuan terbaik yang dapat menghasilkan konversi yang terbesar. Selanjutnya dengan analisis HPLC akan diketahui komposisi larutan hasil isomerisasi tersebut sehingga selektivitas fruktosa dapat diketahui. Larutan hasil isomerisasi glukosa yang dianalisis dengan HPLC adalah pada reaksi dengan kondisi suhu 130 °C, waktu reaksi 4 jam dengan katalis H-ZA; suhu 120 °C, waktu reaksi 4 jam dengan katalis Sn-HZA; suhu 130 °C, waktu reaksi 3 jam dengan katalis Sn-HZA; suhu 130 °C, waktu reaksi 4 jam dengan katalis Sn-HZA.

Analisis HPLC dilakukan di P3GI Pasuruan. Analisis ini akan memisahkan berbagai senyawa gula dalam larutan hasil isomerisasi glukosa. Fase gerak yang digunakan adalah akuabides yang bersifat polar. Sementara kolom yang digunakan adalah kolom Aminex 87C yang bersifat nonpolar. Sehingga fase yang digunakan dalam analisis ini adalah fase terbalik (Gandjar, 2011). Senyawa-senyawa gula dan senyawa lainnya yang kepolarannya sesuai dengan akuabides akan terelusi terlebih dahulu dengan kondisi tersebut. Sedangkan senyawa-senyawa lainnya yang bersifat kurang polar akan tertahan pada fase gerak sehingga terelusi lebih lambat. Kromatogram standar glukosa, fruktosa dan manosa disajikan pada Gambar 4.15. Sedangkan hasil pemisahan berbagai senyawa dalam larutan hasil isomerisasi ditunjukkan oleh kromatogram pada Gambar 4.16.

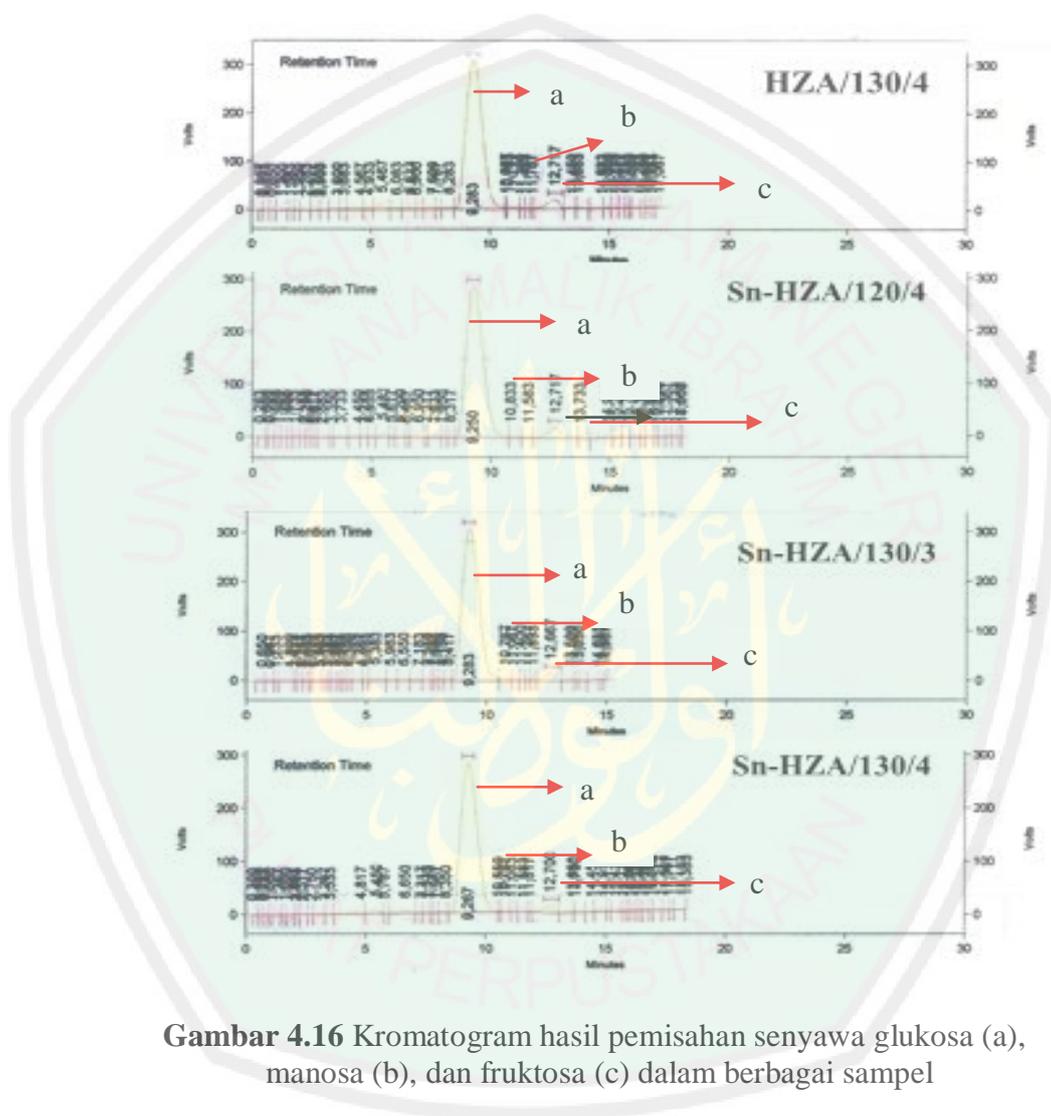


Gambar 4.15 Kromatogram glukosa, fruktosa dan manosa standar

Analisa kualitatif dari kromatogram HPLC menunjukkan adanya senyawa glukosa dan fruktosa serta senyawa lainnya seperti manosa dalam larutan. Hal ini dapat diperoleh dengan membandingkan waktu retensi (R_t) glukosa, fruktosa dan manosa standar yang juga dielusikan pada alat HPLC. R_t glukosa dan fruktosa standar yang diperoleh adalah 9,267 menit dan 12,733 menit. Sedangkan R_t manosa standar yang diperoleh adalah 10,833 menit. Hasil ini menunjukkan glukosa merupakan senyawa yang paling polar dibandingkan manosa dan fruktosa. Sedangkan manosa merupakan senyawa yang lebih polar daripada fruktosa.

Analisa kuantitatif menunjukkan konsentrasi berbagai senyawa yang telah dipisahkan. Metode penentuan konsentrasi yang digunakan adalah metode normalisasi area. Dalam metode ini lebar atau tinggi puncak dinormalisasi sehingga diekspresikan sebagai suatu presentase total. Hasil normalisasi dari lebar

atau tinggi berbagai puncak memberikan komposisi dari campuran yang dianalisis (Gandjar, 2011).



Gambar 4.16 Kromatogram hasil pemisahan senyawa glukosa (a), manosa (b), dan fruktosa (c) dalam berbagai sampel

Kromatogram larutan hasil isomerisasi glukosa suhu 130 °C, waktu reaksi 4 jam dengan katalis H-ZA menunjukkan pemisahan berbagai senyawa. Puncak masing-masing senyawa tersebut pada kromatogram dapat diketahui dengan melihat R_t glukosa, fruktosa dan manosa. Berdasarkan kromatogram diperoleh maka terdapat kesesuaian puncak dengan R_t yang sama dengan R_t glukosa,

fruktosa dan manosa standar. R_t glukosa dan fruktosa yang diperoleh adalah 9,283 dan 12,717 menit. Sedangkan R_t manosa yang diperoleh adalah 10,783 menit. Hal ini menunjukkan larutan hasil isomerisasi mengandung glukosa, fruktosa dan manosa. Glukosa tersebut adalah glukosa sisa reaksi yang tidak terkonversi menjadi senyawa isomernya. Sedangkan fruktosa adalah produk dari reaksi isomerisasi glukosa. Sementara adanya puncak lain yang berada pada sebelah kiri puncak glukosa menunjukkan adanya senyawa yang lebih polar dari glukosa. Sedangkan puncak pada sebelah kanan glukosa menunjukkan adanya senyawa yang kurang polar dari glukosa.

Kromatogram larutan hasil isomerisasi glukosa suhu 120 °C, waktu reaksi 4 jam dengan katalis Sn-HZA menunjukkan berbagai pemisahan senyawa. Analisa kualitatif menunjukkan adanya senyawa glukosa, fruktosa dan manosa serta berbagai senyawa lainnya dalam larutan berdasarkan R_t senyawa-senyawa tersebut. R_t glukosa, fruktosa dan manosa yang diperoleh adalah 9,250; 12,717; 10,833 menit. Senyawa lainnya merupakan senyawa yang lebih polar dan kurang polar daripada glukosa ditinjau dari puncak-puncak yang berada di kiri dan kanan puncak glukosa. Hasil ini juga diperoleh pada larutan hasil isomerisasi glukosa suhu 130 °C, waktu reaksi 3 dan 4 jam dengan katalis Sn-HZA. R_t glukosa, fruktosa dan manosa yang diperoleh adalah 9,283; 12,667; 10,767 menit untuk kondisi reaksi suhu 130 °C, waktu reaksi 3 jam dengan katalis Sn-HZA. Sedangkan untuk kondisi reaksi suhu 130 °C, waktu reaksi 4 jam dengan katalis Sn-HZA, R_t glukosa, fruktosa dan manosa yang diperoleh adalah 9,267; 12,700; 10,767 menit.

Tabel 4.5 Luas area hasil analisis HPLC

Sampel	Luas Area		
	Glukosa	Fruktosa	Manosa
HZA/130 °C/4 jam	14691209	753616	132804
SnHZA/120 °C/4 jam	14339434	896501	103727
SnHZA/130 °C/3 jam	14625549	558863	139081
SnHZA/130 °C/4 jam	13195676	438406	15684

Kromatogram hasil analisis HPLC menghasilkan luas area berbagai senyawa yang terkandung dalam larutan hasil isomerisasi. Dengan menggunakan luas area ini maka dapat dihitung konsentrasi berbagai senyawa dalam larutan tersebut. Luas area berbagai senyawa dalam masing-masing larutan tersebut disajikan dalam Tabel 4.5. Konsentrasi berbagai senyawa dihitung menggunakan metode normalisasi area. Hasil perhitungan konsentrasi glukosa sisa, fruktosa dan manosa berdasarkan metode tersebut disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil isomerisasi analisis HPLC

Sampel	Konsentrasi Fruktosa (%)	Konsentrasi Manosa (%)	Konsentrasi glukosa sisa (%)	Konversi Glukosa (%)
HZA/130°C/4 jam	0,5068	0,0959	9,2845	14,0059
SnHZA/120°C/4 jam	0,6460	0,0803	9,7099	14,0737
SnHZA/130°C/3 jam	0,3828	0,1024	9,4144	13,7134
SnHZA/130°C/4 jam	0,3200	0,0123	9,0534	10,9161

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya suhu maka konversi glukosa semakin menurun. Hal ini disebabkan glukosa sudah banyak

yang terkonversi menjadi produk isomernya pada suhu 120 °C. Sehingga kondisi terbaik yang dapat menghasilkan konversi terbesar adalah pada suhu 120 °C dengan katalis Sn-HZA. Nilai konversi yang dihasilkan melalui analisis HPLC berbeda dengan hasil analisis polarimeter. Hal ini disebabkan HPLC memiliki ketelitian yang berbeda dengan polarimeter. Semakin bertambahnya suhu juga mengakibatkan penurunan selektivitas fruktosa. Jika dibandingkan antara jenis katalisnya, maka reaksi dengan katalis H-ZA memberikan selektifitas fruktosa yang lebih besar daripada reaksi dengan katalis Sn-HZA pada suhu 130 °C. Diduga pada suhu 130 °C dengan katalis Sn-HZA, reaksi lebih selektif pada pembentukan produk selain fruktosa. Dugaan ini didukung dengan konsentrasi manosa yang terbentuk., dimana pada suhu 130 °C dengan katalis Sn-HZA dihasilkan konsentrasi manosa yang lebih tinggi. Sehingga kondisi terbaik yang dapat menghasilkan konsentrasi fruktosa tertinggi adalah pada suhu 120 °C dengan katalis Sn-HZA.

Secara keseluruhan ditunjukkan bahwa semakin bertambahnya suhu, maka konversi glukosa dan selektivitas fruktosa menurun. Jika ditinjau dari jenis katalis didapatkan bahwa katalis Sn-HZA dapat menghasilkan konversi yang lebih besar daripada H-ZA. Selain itu Sn-HZA juga dapat meningkatkan selektifitas fruktosa. Hal ini sejalan dengan hasil keasaman total dan luas permukaan, dimana Sn-HZA memiliki keasaman dan luas permukaan yang lebih besar daripada H-ZA. Dengan keasaman yang tinggi akibat proses aktivasi dan pengembangan logam maka aktivitas katalis akan meningkat (Lestari, 2010). Selain itu luas permukaan yang besar akibat proses aktivasi dan pengembangan juga berpengaruh terhadap aktivitas

katalis. Dengan semakin besarnya luas permukaan spesifik katalis maka pusat aktif katalis semakin banyak. Sehingga aktivitas katalis semakin meningkat pula (Tarigan, 2007).

4.6 Kinetika Reaksi Isomerisasi Glukosa

Konsentrasi glukosa sisa dapat digunakan untuk mengetahui kinetika reaksi isomerisasi glukosa baik tanpa katalis maupun dengan katalis. Nilai konsentrasi glukosa yang telah diplotkan pada grafik orde-0, orde-1, dan orde-2 menghasilkan persamaan yang sesuai dengan persamaan setiap orde. Dengan demikian dapat diketahui nilai regresi masing-masing grafik yang menunjukkan reaksi cenderung mengarah pada orde-0, orde-1 maupun orde-2. Hasil perhitungan nilai regresi masing-masing reaksi ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai regresi persamaan orde pada reaksi isomerisasi glukosa

Suhu °C	Sampel	Regresi		
		Orde-0	Orde-1	Orde-2
110	Tanpa Katalis	0,781	0,942	0,783
	H-ZA	0,953	0,964	0,973
	Sn-HZA	0,978	0,969	0,957
120	Tanpa Katalis	0,94	0,942	0,944
	H-ZA	0,949	0,959	0,967
	Sn-HZA	0,957	0,973	0,985
130	Tanpa Katalis	0,936	0,942	0,938
	H-ZA	0,942	0,956	0,968
	Sn-HZA	0,907	0,925	0,940

Nilai regresi (kelinieran) dari masing-masing grafik yang mendekati 1 menunjukkan suatu reaksi mengarah pada reaksi dengan orde tertentu. Orde reaksi

ini merupakan orde reaksi secara keseluruhan. Berdasarkan Tabel 4.7 diperoleh bahwa pada suhu 110 °C kinetika reaksi tanpa katalis, dengan katalis H-ZA dan dengan katalis Sn-HZA masing-masing mengikuti reaksi orde-1, orde-2 dan orde-0. Kinetika reaksi tanpa katalis, dengan katalis H-ZA dan dengan katalis Sn-HZA mengarah pada reaksi orde-2 pada suhu 120 °C. Sedangkan pada suhu 130 °C, kinetika reaksi tanpa katalis mengikuti orde-1 sementara kinetika reaksi dengan katalis H-ZA dan Sn-HZA mengikuti reaksi orde-2.

Orde reaksi ini dapat menunjukkan hubungan konsentrasi reaktan dengan waktu reaksi. Orde-1 menunjukkan bahwa laju reaksi isomerisasi glukosa ini bergantung pada salah satu konsentrasi reaktan dipangkatkan satu dan konsentrasi reaktan lainnya dipangkatkan nol (Chang, 2005). Sehingga reaksi pada suhu 110 °C dan 130 °C tanpa katalis dapat 2 kali dipercepat apabila konsentrasi reaktan juga dilipatgandakan. Sedangkan reaksi yang mengikuti orde-2 lajunya bergantung pada konsentrasi salah satu reaktan dipangkatkan dua atau konsentrasi dua reaktan masing-masing dipangkatkan satu (Chang, 2005). Sehingga reaksi pada suhu 110 °C dengan katalis H-ZA, suhu 120 °C dengan semua jenis katalis dan suhu 130 °C dengan katalis H-ZA dan Sn-HZA, dapat berjalan 4 kali lebih cepat apabila konsentrasi reaktan dilipatgandakan. Sementara untuk reaksi yang mengikuti orde-0 menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi reaktan tidak mempengaruhi laju reaksi. Sehingga pada suhu 110 °C dengan katalis Sn-HZA laju reaksinya tidak dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi reaktan.

Nilai energi aktivasi pada reaksi isomerisasi glukosa ini dapat ditentukan berdasarkan persamaan Arrhenius tentang ketergantungan konstanta laju reaksi

terhadap temperatur. Berdasarkan analisis dengan polarimeter dan HPLC ditunjukkan bahwa reaksi isomerisasi glukosa yang dikatalisis Sn-HZA menghasilkan konversi yang paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh katalis pada reaksi tersebut. Katalis berperan untuk menurunkan energi aktivasi dalam suatu reaksi. Energi aktivasi merupakan energi minimal yang dibutuhkan dalam sebuah reaksi untuk mencapai produk. Produk lebih cepat diperoleh dengan energi aktivasi yang lebih rendah.

Suatu reaksi dengan energi aktivasi yang lebih rendah maka laju reaksinya berjalan lebih cepat. Energi aktivasi dapat diperoleh dengan memplotkan nilai $\ln k$ dengan nilai $1/T$. Dengan demikian dihasilkan persamaan yang sesuai dengan persamaan Arrhenius, dimana kemiringannya sama dengan $-E_a/R$. Tanda minus pada nilai E_a menunjukkan konstanta laju meningkat dengan menurunnya energi aktivasi. Berikut adalah persamaan Arrhenius yang telah disesuaikan dengan persamaan linier (Chang, 2005).

$$\ln k = \left(-\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$$
$$y = (a)(x) + b$$

Hasil perhitungan E_a pada kondisi tanpa katalis maupun dengan katalis disajikan pada Tabel 4.8. Berdasarkan Tabel 4.8 diperoleh bahwa nilai E_a pada kondisi tanpa katalis adalah yang paling tinggi dibandingkan dengan kondisi dengan adanya katalis. Hal ini menunjukkan bahwa katalis H-ZA maupun katalis Sn-HZA dapat menurunkan energi aktivasi pada reaksi isomerisasi glukosa. Sehingga dengan adanya katalis dalam suatu reaksi dapat mempercepat

terbentuknya produk. Hal ini mendukung data konversi glukosa, dimana konversi terbesar dicapai dengan penggunaan katalis Sn-HZA.

Tabel 4.8 Energi aktivasi reaksi isomerisasi glukosa

	Persamaan	k	Ea (J/mol K)
Tanpa Katalis	$y = -7100x + 7.792$	7100	59029,4
H-ZA	$y = -5393x + 4.981$	5393	44837,4
Sn-HZA	$y = -3101,9x + 0,4856$	3101	25789,2

4.7 Hasil Penelitian Ditinjau dari Perspektif Islam

Manusia sebagai makhluk hidup akan selalu berusaha untuk memenuhi berbagai kebutuhannya. Oleh karena itu selama manusia hidup, ia tidak akan terlepas dari alam. Karena pada dasarnya berbagai macam ciptaan Allah yang terdapat di alam dapat memenuhi segala kebutuhan manusia dari zaman dahulu hingga seterusnya. Allah telah menjelaskan hal tersebut dalam surat Ar-Rahmaan ayat 10 berikut ini :

وَالْأَرْضَ وَضَعَهَا لِلْأَنَامِ

Artinya : “dan Allah telah meratakan bumi untuk makhluk(Nya)”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah telah menghamparkan bumi untuk menjadi tempat berdiam semua makhluk yang bernyawa, sehingga segala sesuatu yang terdapat di permukaan bumi ataupun yang tersimpan dalam perut bumi dapat digunakan untuk keperluan hidupnya (Shiddieqy, 2000). Berdasarkan tafsir tersebut maka surat Ar-Rahmaan ayat 10 dapat dijadikan pondasi berfikir bagi manusia bahwa berbagai ciptaan Allah yang terhampar di alam dapat memenuhi segala kebutuhan hidupnya. Salah satu ciptaan Allah yang terdapat di alam adalah

zeolit. Zeolit adalah mineral yang terbentuk dari abu gunung berapi dan garam laut selama jutaan tahun dan terdapat dalam jumlah melimpah pada hampir semua belahan bumi termasuk di Indonesia.

Di alam zeolit ditemukan dalam jumlah berlimpah namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal semua yang ada di bumi pasti memiliki berbagai manfaat sehingga dapat digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan manusia. Hal ini juga ditekankan pula dalam surat Al-Ahqaaf ayat 3 berikut :

مَا خَلَقْنَا السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا إِلَّا بِالْحَقِّ وَأَجَلٍ مُّسَمًّى ۗ وَالَّذِينَ كَفَرُوا
عَمَّا أَنْذَرُوا مُعْرِضُونَ ﴿٣﴾

Artinya : “Kami tiada menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya melainkan dengan (tujuan) yang benar dan dalam waktu yang ditentukan. dan orang-orang yang kafir berpaling dari apa yang diperingatkan kepada mereka “

Allah tidak menciptakan langit dan bumi, melainkan dengan cara yang adil dan penuh hikmah, serta dengan maksud yang benar. Alam yang luas ini tidak diciptakan dengan sia-sia (Shiddieqy, 2000). Melalui ayat ini semakin jelas bahwa segala ciptaan Allah memiliki manfaat. Sehingga sudah menjadi tugas manusia untuk selalu berfikir dan mengeksplorasi segala ciptaan Allah.

Penelitian ini merupakan bagian dari usaha untuk memanfaatkan zeolit alam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam mampu mengkatalisis reaksi isomerisasi glukosa menjadi fruktosa. Suatu katalis akan sangat berguna dalam suatu reaksi karena dapat mempercepat terbentuknya produk dalam waktu

yang lebih singkat. Sehingga dalam penelitian ini dapat diperoleh bahwa segala ciptaan Allah terutama zeolit alam memiliki manfaat untuk kebutuhan hidup manusia. Allah menegaskan pada manusia untuk selalu berfikir atas segala ciptaan-Nya dalam surat al-Jaatsiyah ayat 13 berikut ini :

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ ﴿١٣﴾

Artinya : “dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir”

Allah yang menundukkan segala yang ada di langit dan bumi untuk kemaslahatan manusia. Manusia dengan kekuatan akal dan pikiran yang diberikan oleh Allah dapatlah memanfaatkan alam untuk mencapai tujuan-tujuannya (Shiddieqy, 2000). Zeolit alam yang dimodifikasi dengan impregnasi logam Sn memberikan hasil konversi glukosa yang lebih meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas katalitik zeolit alam semakin meningkat dengan adanya modifikasi menggunakan logam Sn. Hasil ini menyiratkan bahwa dengan usaha berfikir manusia yang telah dilakukan maka semakin nampak tanda-tanda kebesaran Allah. Melalui kesadaran itulah yang dapat membuat manusia untuk mengucapkan kata-kata tasbih untuk menyucikan Allah.

Dengan demikian sebuah ilmu tidak hanya dapat menjelaskan suatu fenomena alam, namun juga dapat mempertebal iman manusia kepada Allah.

Karena dengan ilmu tersebut menghantarkan manusia untuk selalu mengingat kebesaran Allah dan mengikhlasakan beribadah hanya kepada-Nya. *Wallahu'alam bisshowab.*



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Luas permukaan zeolit alam teraktivasi (H-ZA) dan zeolit alam modifikasi (Sn-HZA) berturut-turut adalah sebesar 11,4738 m²/gr dan 11,6909 m²/gr. Sedangkan keasaman H-ZA dan Sn-HZA berturut-turut adalah sebesar 2,3145 mmol/gr dan 2,6468 mmol/gr.
2. Suhu reaksi dan jenis katalis berpengaruh terhadap hasil isomerisasi glukosa. Suhu 120 °C memberikan konversi glukosa dan selektivitas fruktosa terbesar. Semakin bertambahnya suhu maka konversi dan selektivitasnya berkurang. Penggunaan katalis Sn-HZA menghasilkan konversi glukosa dan selektivitas terbesar. Sehingga suhu reaksi 120 °C dan jenis katalis Sn-HZA merupakan perlakuan yang paling berpengaruh dimana konversi glukosa yang diperoleh sebesar 14,0737 % b/v dan selektivitas fruktosa sebesar 0,646 % b/v.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisis kandungan H-Zeolit Alam untuk mengetahui penurunan kadar pengotor setelah dilakukan proses aktivasi,
2. Perlu dilakukan analisis morfologi kristal SnCl₂.2H₂O sehingga dapat dibedakan bentuknya jika telah terimpregnasi pada zeolit,
3. Perlu dilakukan analisis konsentrasi glukosa sisa menggunakan metode yang memiliki ketelitian lebih tinggi daripada polarimeter.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, S.B dan Anjar. 2009. The Role Of a Coal Gasification Fly Ash as Clay Additive in Building Ceramic. *Journal of the European Ceramic Society* 26 (2006) 3783-3787.
- Alberty, R.A. dan Daniels, F. 1983. *Kimia Fisika Jilid 1 Ed. 5*. Jakarta: Erlangga.
- Al-Maraghi, A. M. 1993 *Terjemahan Tafsir Al-Maraghi*. Semarang: Toha Putra.
- Anderson, J.R. 1981. *Catalys Sciencce and Technology*. First Edition. Berlin: Spinger Verlag.
- Anonymous, 2000. Documentation for Immediately Dangerous To Life or Health Concentrations (IDLHs) Chemical Listing and Documentation of Revised IDLH Values . www.cdc.gov/niosh/idlh/intrid14.html (diakses tanggal 22 Oktober 2013)
- Augustine, R.L. 1996. *Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemist*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Baerlocher, C. 2001. *Atlas of Zeolite Framework of Types*. USA: Fifth revised edition.
- Barclay, T., Markovic, M.C., Cooper, P.D., and Petrovsky, N. 2012. The Chemistry And Sources Of Fructose And Their Effect On Its Utility And Health Implications. *J. Excipients and Food Chem*. Vol. 3, No. 2.
- Barrer, R.M. 1982. *Hydrothermal Chemistry of Zeolite*. London: Academic Press.
- Bonneviot, L. M. 1988. Role of Oxide Surface In Coordination Chemistry of Transition Metal Ions In Catalytic Systems. *Pure Appl. Chem*. Vol. 60 No. 8: 1369-1378.
- Botianovi, A. 2012. Modifikasi Zeolit Alam Malang dari mikropori ke Mesopori dengan Penambahan Surfaktan CtaBr (*Cetyltrimethylammoniumbromide*). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Canli, M., Abali, Y., and Bayca, S.U. 2013. Removal of Methylene Blue by Natural and Ca and K-exchanged Zeolite Treated with Hydrogen Peroxide. *Physicochem. Probl. Miner.Process*. 49(2): 481-496.
- Chang, R. 2005. *Kimia Dasar*. Jakarta: Erlangga.

- Corma., A., Marcelo E., dan Susana V. 2002. Water-Resistant Solid Lewis Acid Catalysts: Meerwein–Ponndorf–Verley and Oppenauer Reactions Catalyzed by Tin-Beta Zeolite. *Journal of Catalysis*. Vol. 215.
- Dutta, K. 2000. *Hand Book of Zeolite Science and Technology*. USA: The Ohio State University
- Dyer, A. 1988. *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*. New York: John Willey and Sons.
- Erlina, N.O. 2012. Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Bifungsional Sn-H-Zeolit Alam Malang. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ertan, A dan Ozkan. 2005. CO₂ dan N₂ Adsorption on the Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄ and H₃PO₄) Treated Zeolite Adsorption. *Dissertation*. Izmir Institute of Technology Turkey.
- Ewing, G. W. 1985. *Instrumental Methods of Chemical Analysis*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Fajari, A.A. 2006. Pengaruh Waktu Hidrotermal Terhadap Ukuran Pori Zeolit Hasil Modifikasi. *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Semarang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Diponegoro.
- Fatimah, D. 2010. Pengolahan Mineral Tekto-Silikat Alam Untuk Substitusi Impor Sediaan Bahan Baku Farmasi : Rekayasa Batuan Sebagai Basis Material AntiSeptik Melalui Penanaman Inhibitor dengan Metoda Kontinyu. *Laporan Akhir Program Insentif Peneliti Dan Perekayasa LIPI*.
- Fatimah, I. 2002. Optimasi Laju Alir Gas H Dan Perbandingan Berat Katalis Terhadap Umpan Serta Kajian Kinetika Pada Hydrocracking Isopropil Benzena Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Y. *LOGIKA*. Vol. 7 No. 8.
- Gaily, M.H., Elhasan, B.M., and Abasaeed, E. 2010. Isomerization and Kinetics of Glucose into Fructose. *International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS*, Vol 10 No. 3.
- Gandjar, I.G dan Abdul R. 2011. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gates, B.C. 1992. *Catalytic Chemistry*. USA: John Willey and Sons.
- Grof, M. 2009. Polarimetry. http://www.fpharm.uniba.sk/fileadmin/user_upload. (diunduh tanggal 16 September 2013).

- Gultom, T. 2001. *Biokimia Struktur dan Fungsi*. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Handoko, D.S.P. 2006. Kinetika Hidrolisis Maltosa pada Variasi Suhu dan Jenis Asam sebagai Katalis. *Sigma*. Vol. 9 No.1: 9-17 ISSN : 1410-5888.
- Hapsari, D.S. 2006. Penggunaan Zeolit Alam Yang Telah Diaktivasi dengan Larutan HCl Untuk Menyerap Logam-Logam Penyebab Kesadahan Air. *Skripsi*. Semarang : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Harris, W.D dan Milton S.F. 1974. Studies on the Mechanism of the Interconversion of D-Glucose, D-Mannose, and D-Fructose in Acid Solution. *Journal of the American Chemical Society*. Vol. 97 No. 1.
- Hegedus, L.L. 1987. *Catalysts Design Progress and Perspectives*. New York: John wiley and Sons.
- Hidayah, C.N. 2004. Sintesis Katalis Co/Faah, Ni/Faah, Dan Cu/Faah: Hubungan Pola Pengembangan Dengan Urutan Nomor Atom Logam Katalis Dalam Sistem Periodik Unsur. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Irvantino, B., Sri W., Subiyanto H.S. 2013. Preparasi Katalis Ni/Zn Dengan Metode Sonokimia Untuk Perengkahan Katalitik Polipropilen dan Polietilen. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol. 2, No. 2.
- Iskandar, A. 2008. *Modifikasi Zeolit*. Jakarta: FMIPA UI.
- Istadi. 2011. *Teknologi Katalis untuk Konversi Energi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kalangit, H. 1995. Pembuatan dan Karakteristik Nikel-Zeolit Sebagai Katalis Dalam Proses Oksidasi Langsung n-Pentana. *Tesis*. FMIPA. UGM. Yogyakarta.
- Keenan, C.W. Kleinfelter D.C. dan Wood J.H. 1996. *Kimia Untuk Universitas Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Laniwati, M. 1999. Isomerisasi 1- Buten Menggunakan Zeolit Alam Asal Malang Jawa Timur Sebagai Katalis. *Proc. ITB*. Vol 31. No.2: 42.
- Leshkov, Y. R., Moliner, M., Labinger, J.A., and Davis, M. E. 2010. Mechanism of Glucose Isomerization Using a Solid Lewis Acid Catalyst in Water. *Angew. Chem. Int. Ed.* Vol. 49: 8954 –8957.
- Lestari, D.Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasioanal*. Yogyakarta: UNY.

- Lobo, R.F. 2003. *Introduction to the Structural Chemistry of Zeolite*. USA: Marcel Dekker.
- Lourvanij, K. 1992. Reactions of Glucose in H-Y Zeolite Catalysts. *Thesis*. Chemical Engineering Department. Oregon State University.
- Maryani. 2010. Pengaruh Cara Pengembanan Logam Ni dan Mo Pada Zeolit Alam Aktif Terhadap Karakter Katalis Bimetal. *Skripsi*. Surakarta : Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret.
- Miftahudin. 2011. Potensi Aspergillus dan Penicillium Asal Serasah Dipterocarp Sebagai Endosimbion Akar Pelarut Fosfat. *Tesis*. IPB. Bogor.
- Moliner, M. Leshkov. Y. dan Davis M.E. 2010. Tin-Containing Zeolites Are Highly Active Catalysts For The Isomerization of Glucose In Water. *PNAS Early Edition*: 1-5.
- Murat, A. 2006. Removal of Silver (I) from Aqueous Solution with Clinoptilolite. *Journal Microporous and Mesoporous Materials* Vol 94: 99-104
- Musta, R. 2010. Preparasi dan Karakterisasi Katalis CoMo/H-Zeolit Y. *Jurnal Fisika FLUX*. Vol. 7 No.2: 149 – 159.
- Nasikin, M dan Bambang Heru Susanto. 2010. *Katalisis Heterogen*. Jakarta: UI Press.
- Nugrahaningtyas, D. 2009. Preparation And Characterization The Non Sulfided Metal Catalyst: Ni/USY and NiMo/USY. *Indo. J. Che.* Vol. 9. No. 2.
- Poedjiadi, A. 2006. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press.
- Prabawati, S. 2006. Gula Singkong dapat Diproduksi di Pedesaan. *Warta Penelitian dan Pengembangan*. Vol. 28, No. 3.
- Rahmawati, S, R., 2008, Teka-Teki Pilihan Pelajaran Kimia Nama-Nama Mineral Zeolit. *Thesis*. Bandung: Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Bandung.
- Rakhmatullah, D.K.A., Wiradani, G., dan Ariyanto, N.P. 2007. Pembuatan Adsorben dari Zeolit Alam dengan Karakteristik Adsorption Properties untuk Memurnikan Bioetanol. *Laporan Akhir Penelitian Bidang Energi Penghargaan PT. Rekayasa Industri*. Bandung: ITB.
- Rosdiana, T. 2006. Pencirian dan Uji Aktivitas katalitik Zeolit Alam Teraktivasi. *Skripsi*. Bogor: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Satterfield, C.N. 1980. *Heterogeneous Catalyst in Practice*. New York: Mc Graw Hill Book Company.

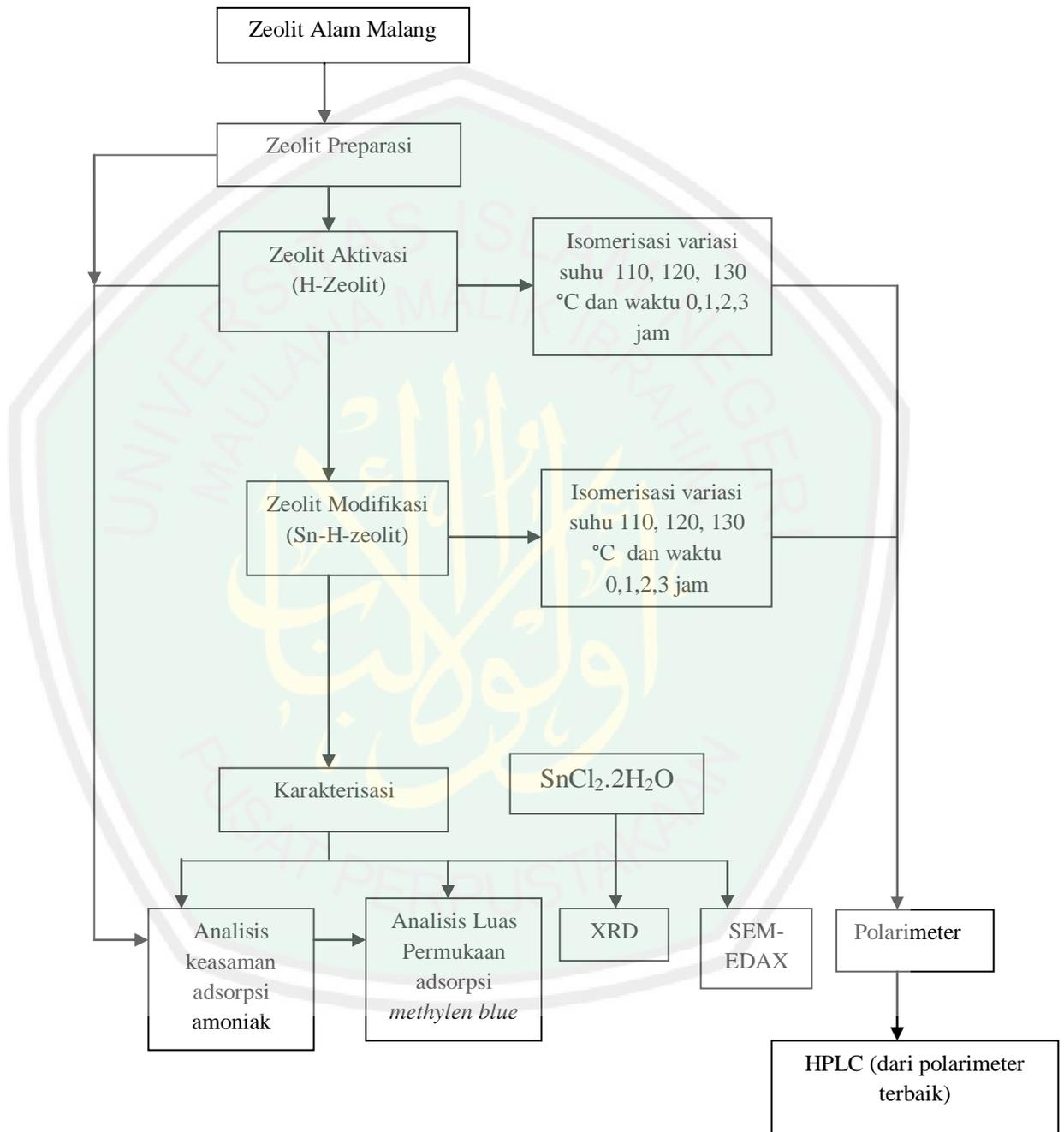
- Sediaoetama, A.D.2006. *Kesehatan Ilmu Gizi*. Jakarta: Dian Rakyat
- Setiadi dan Astri P. 2007. Preparasi dan Karakteristik Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa ABE menjadi Hidrokarbon. *Prosiding Kongres dan Simposium Nasional Kedua MKICS*: 5-6. ISSN: 0216-4183.
- Setiadi dan Dariyus. 2006. Konversi Katalitik n-butanol Menjadi Hidrokarbon C₂ - C₄ Menggunakan Katalis B₂O₃/Zeolit Alam. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*. ISBN 979-97893-0-3
- Shiddieqy, M.H.T. 2000. *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur*. Semarang: Pustaka Rizki Utama.
- Simoncic, P and Armbruster, T. 2005. Cationic Methylene Blue Incorporated into Zeolite Mordenite-Na: a Single Crystal X-ray Study. *Microporous and Mesoporous Materials* No.81: 87-95.
- Skoog, D. A dan West D.M. 1980. *Principles of Instrumental Analysis*, 2nd Edition. New York: John Willey-VCH.
- Smart. 1993. Determination of Integrated Molar Extinction Coefficients for Infrared Absorption of Pyridine Adsorbed on Solid Acid Catalysts. *Journal of Catalysis*. Vol. 141: 347-354.
- Suharto, T. E. Gustian. I. dan Sundaryono, A. 2007. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Bifungsional dari Zeolit Alam. *Gradien*. Vol. 3. No.2: 138-146.
- Supratman, U. 2010. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik*. Bandung : Widya Padjajaran.
- Tarigan, S. 2007. Aktivitas Katalis Cr/Zeolit Dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol Dan Metil Isobutil Keton. Jakarta: LIPI.
- Trisunaryanti, W. 2009. Zeolit Alam Indonesia Sebagai Adsorben dan Katalis Dalam Mengatasi Masalah Lingkungan dan Krisis Energi. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Kimia*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Trisunaryanti, W. Triwahyuni, E dan Sudiono S. 2005. Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam. *Jurnal Teknoin*, Vol. 10, No. 4: 269 -282.
- Yuliusman. Widodo W.P dan Yulianto S.N. Preparasi Zeolit Alam Lampung Dengan Larutan HF, HCl dan Kalsinasi Untuk Adsorpsi Gas CO. *Teknik Kimia Universitas Diponegoro*. Semarang.

Yusnani, A. 2008. Konsentrasi Prekursor Logam dan Metode Impregnasi pada Preparasi NiMo/Zeolit Y Terhadap Karakter Katalis. *Skripsi*. Surakarta: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret.



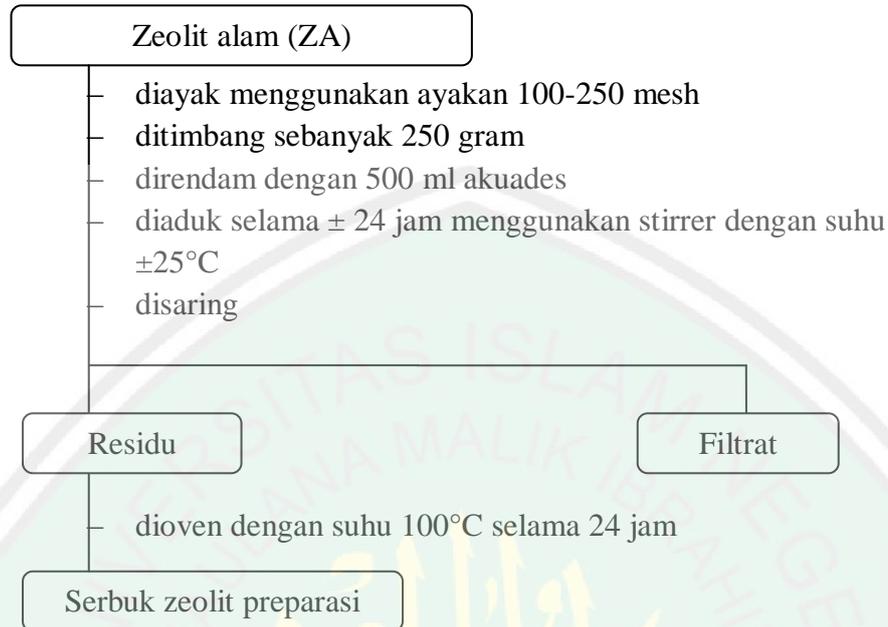
Lampiran 1 Skema Kerja

A. Rancangan Penelitian

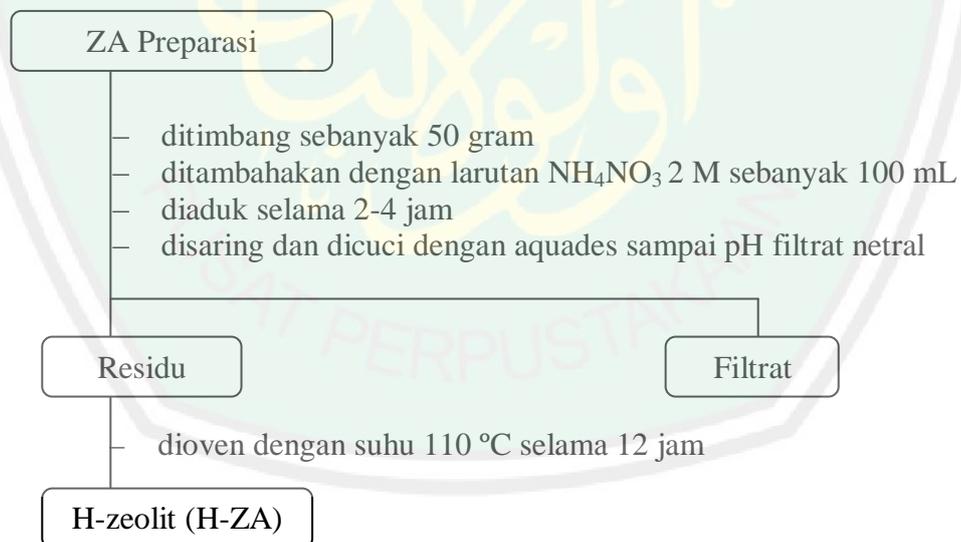


B. Diagram Alir

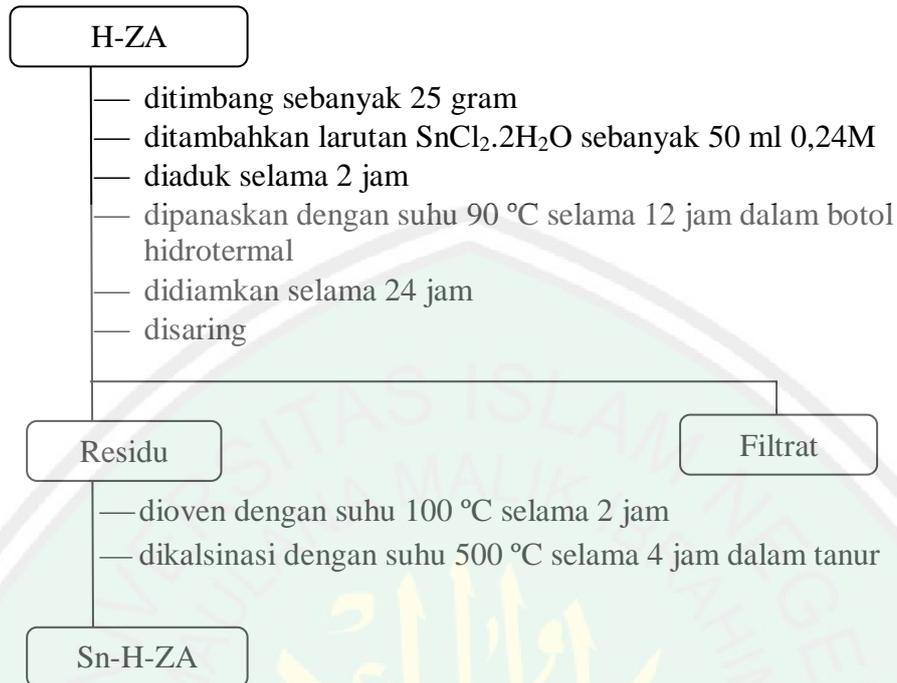
1. Preparasi Zeolit Alam Malang



2. Aktivasi Zeolit Alam Malang

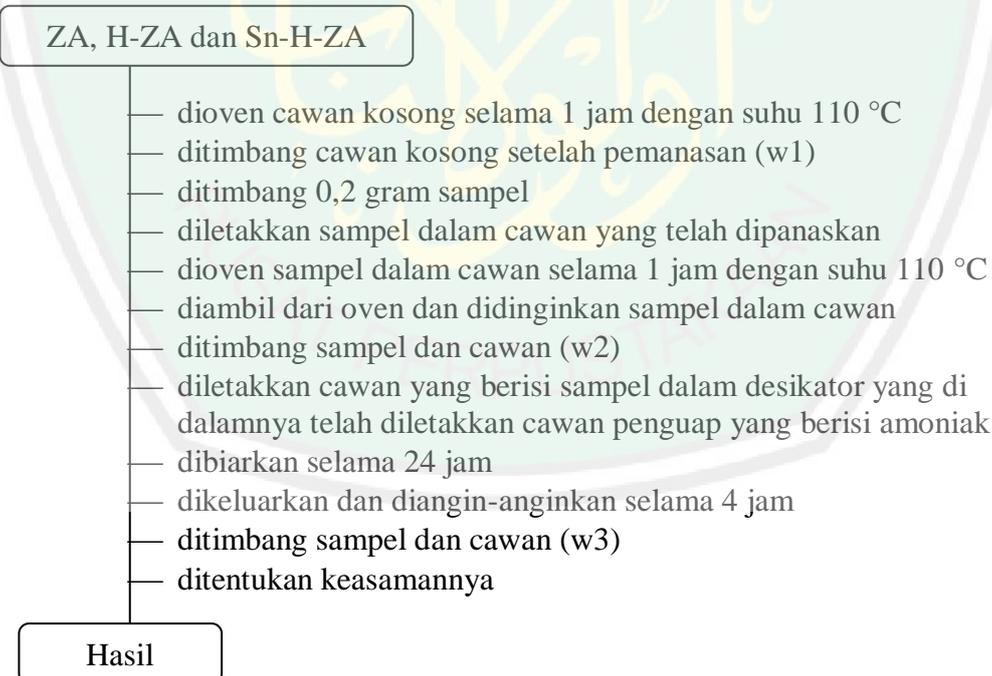


3. Modifikasi Zeolit Alam Malang



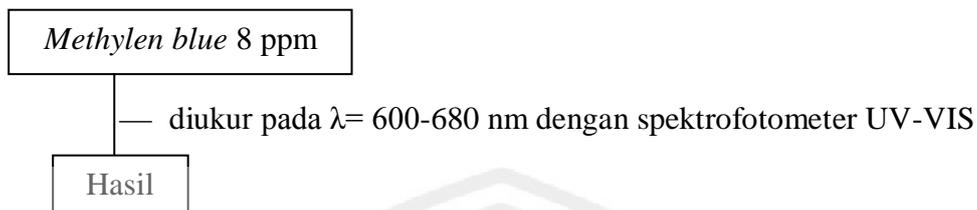
4. Karakterisasi

4.1 Penentuan Keasaman ZA, H-ZA, dan Sn-H-ZA

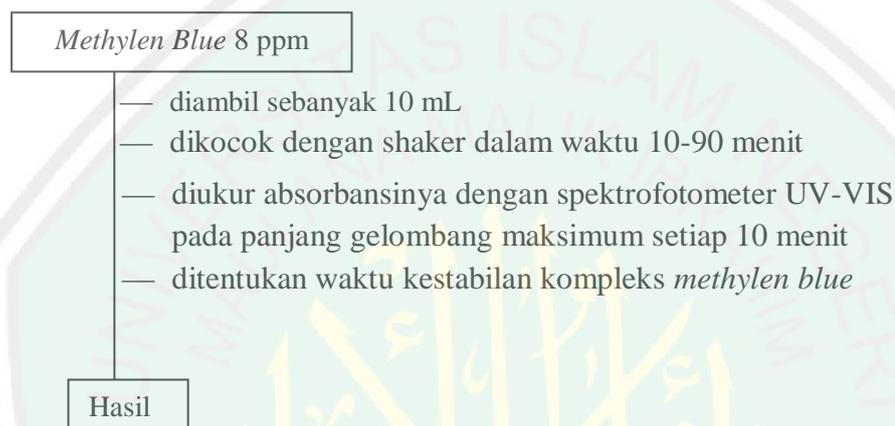


4.2 Penentuan Luas Permukaan ZA, H-ZA dan Sn-H-ZA

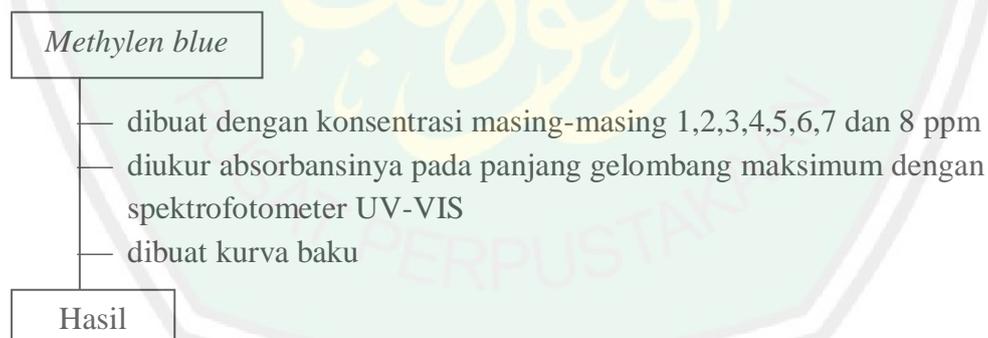
4.2.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Methylen Blue*



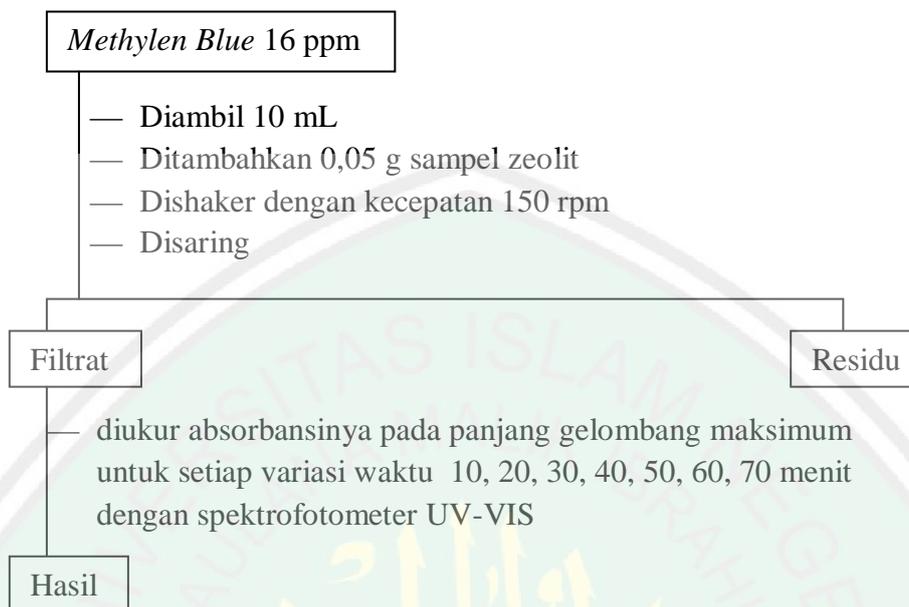
4.2.2. Penentuan Kestabilan Kompleks *Methylen Blue*



4.2.3. Pembuatan Kurva Baku



4.2 4. Penentuan Kestabilan Adsorpsi *Methylen Blue* dan Luas Permukaan Zeolit



4.3 Analisis XRD

H-ZA, Sn-H-Zeolit dan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

- dihaluskan hingga menjadi serbuk yang halus
- ditempatkan pada preparat
- dipress dengan alat pengepres
- ditempatkan pada *sampel holder*
- disinari dengan sinar-X pada sudut 2θ sebesar $5-60^\circ$ dan kecepatan scan $0,02^\circ/\text{detik}$.

Hasil

4.4 Analisis SEM-EDAX

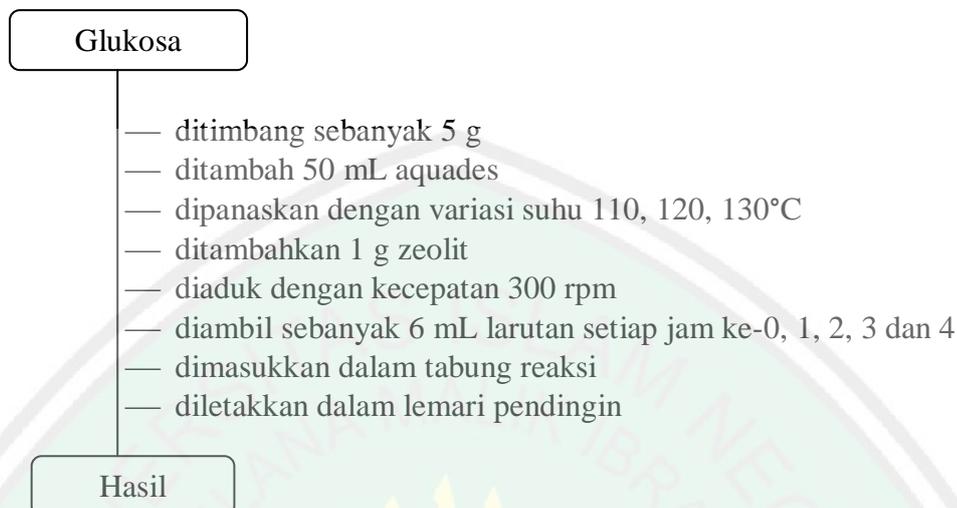
Sn-H-ZA

- dilapisi dengan Au dan Pd
- ditempatkan pada instrumen SEM
- dilakukan pengamatan pada rentang perbesaran 3.000 sampai dengan 20.000 kali hingga terlihat ukuran dan bentuk partikel zeolit terimpregnasi dengan jelas

Hasil

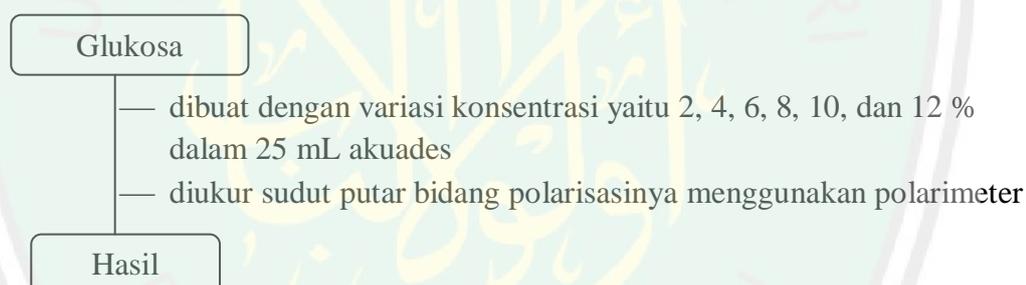
5. Penentuan Aktivitas Katalitik H-ZA dan Sn-HZA pada Reaksi Isomerisasi Glukosa

5.1 Isomerisasi Glukosa

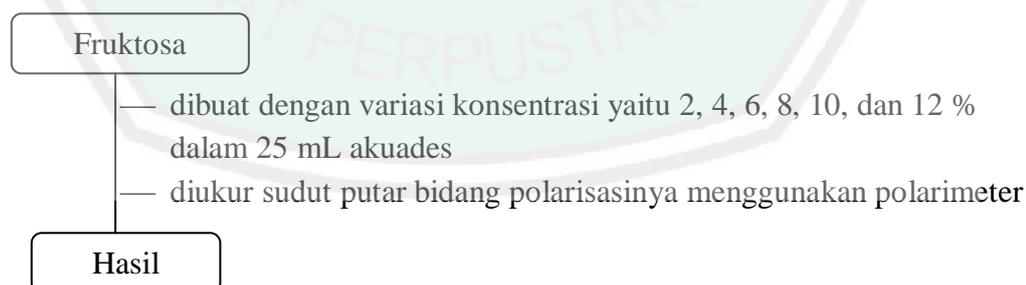


5.2 Analisis Hasil Isomerisasi dengan Polarimeter

5.2.1 Penentuan Sudut Putar Glukosa



5.2.2 Penentuan Sudut Putar Fruktosa



5.2.3 Penentuan Konversi Glukosa dengan Polarimeter

Larutan Hasil Isomerisasi

- Diambil 1 mL
- Dimasukkan dalam labu ukur 25 mL dan ditandabatkan
- Diisi tabung sampel dengan akuades
- Diletakkan kembali tabung sampel pada polarimeter
- Dinolkan skala
- Diambil dan dibuang akuades
- Dibilas tabung sampel dengan larutan sampel
- Dimasukkan kembali larutan sampel
- Diletakkan kembali tabung sampel pada polarimeter
- Diputar skala hingga warna gelap pada lensa okuler menjadi terang

Hasil

5.3 Penentuan Hasil Isomerisasi dengan HPLC

5.3.1 Pengukuran Larutan Standar

Larutan Glukosa dan Fruktosa Standar

- Diinjekkan larutan standar dengan konsentrasi 1% (b/b) sebanyak 20 μ L pada 0,6 mL per menit dalam suhu operasi 80°C
- Dilakukan *running*
- Dianalisis kromatogramnya

Hasil

5.3.2 Pengukuran Selektivitas Fruktosa dengan HPLC

Larutan Hasil Isomerisasi

- Diinjekkan larutan hasil isomerisasi sebanyak 20 μ L pada 0,6 mL per menit dalam suhu operasi 80°C
- Dilakukan *running*
- Dianalisis kromatogramnya

Hasil

Lampiran 2. Pembuatan Reagen

1. Pembuatan Larutan Ammonium Nitrat (NH_4NO_3) 2M 100 mL

$$\text{Mr NH}_4\text{NO}_3 = 80 \text{ g/mol}$$

$$M = \frac{n}{v}$$

$$n = \frac{m}{\text{Mr}}$$

$$2 \text{ M} = \frac{n}{100 \text{ mL}}$$

$$0,2 \text{ mol} = \frac{m}{80 \text{ g/mol}}$$

$$n = 200 \text{ mmol}$$

$$m = 16 \text{ g}$$

$$n = 0,2 \text{ mol}$$

Amonium Nitrat ditimbang sebanyak 16 gram, dilarutkan dengan akuades sebanyak 20 mL dalam beaker glass hingga homogen. Kemudian larutan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan akuades hingga tanda batas. Kemudian dilakukan pengocokan hingga homogen.

2. Pembuatan Larutan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,24 M 50 mL

$$0,24 \text{ M} = \frac{n}{v}$$

$$\text{mol} = \frac{m}{\text{Mr}}$$

$$0,24 \text{ M} = \frac{n}{50 \text{ mL}}$$

$$0,012 \text{ mol} = \frac{m}{225,71 \text{ gr/mol}}$$

$$n = 0,24 \text{ M} \times 50 \text{ mL}$$

$$m = 0,012 \text{ mol} \times 225,71 \text{ gr/mol}$$

$$n = 12 \text{ mmol} = 0,012 \text{ mol}$$

$$m = 2,709 \text{ gram}$$

Keterangan :

M : Konsentrasi $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang akan dibuat

n : mol larutan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

V : Volume $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang akan dibuat

m : Berat $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang ditimbang

Mr : Berat jenis $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 2,709 gram, dilarutkan dengan akuades sebanyak 10 mL dalam beaker glass hingga homogen. Kemudian larutan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL, ditambahkan akuades hingga tanda batas. Kemudian dilakukan pengocokan hingga homogen.

3. Pembuatan Larutan Stok Glukosa

- Pembuatan Larutan Stok 12 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{12 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 100 \% = 12 \%$$

- Konsentrasi Glukosa 2 %

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \% \cdot V_1 = 2 \% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2 \% \times 25 \text{ mL}}{12 \%} = 4,17 \text{ mL}$$

- Konsentrasi Glukosa 4 %

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \% \cdot V_1 = 4 \% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{4 \% \times 25 \text{ mL}}{12 \%} = 8,33 \text{ mL}$$

- Konsentrasi Glukosa 6 %

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \% \cdot V_1 = 6 \% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{6 \% \times 25 \text{ mL}}{12 \%} = 12,5 \text{ mL}$$

➤ **Konsentrasi Glukosa 8 %**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \% \cdot V_1 = 8 \% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{8 \% \times 25 \text{ mL}}{12 \%} = 16,67 \text{ mL}$$

➤ **Konsentrasi Glukosa 10 %**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \% \cdot V_1 = 10 \% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \% \times 25 \text{ mL}}{12 \%} = 20,83 \text{ mL}$$

4. Pembuatan Larutan Stok Fruktosa

➤ **Pembuatan Larutan Stok 12 %**

$$\% \frac{b}{v} = \frac{12 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 100 \% = 12 \%$$

➤ **Konsentrasi Fruktosa 2 %**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \% \cdot V_1 = 2 \% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2 \% \times 25 \text{ mL}}{12 \%} = 4,17 \text{ mL}$$

➤ **Konsentrasi Fruktosa 4 %**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \% \cdot V_1 = 4 \% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{4\% \times 25 \text{ mL}}{12\%} = 8,33 \text{ mL}$$

➤ **Konsentrasi Fruktosa 6 %**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12\% \cdot V_1 = 6\% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{6\% \times 25 \text{ mL}}{12\%} = 12,5 \text{ mL}$$

➤ **Konsentrasi Fruktosa 8 %**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12\% \cdot V_1 = 8\% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{8\% \times 25 \text{ mL}}{12\%} = 16,67 \text{ mL}$$

➤ **Konsentrasi Fruktosa 10 %**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12\% \cdot V_1 = 10\% \cdot 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10\% \times 25 \text{ mL}}{12\%} = 20,83 \text{ mL}$$

5. **Membuat Larutan Metilen Blue**

- Larutan Stok Metilen Blue 20 ppm

$$M \text{ (ppm)} = \frac{m}{V}$$

$$m = \text{ppm} \times L$$

$$m = 20 \text{ ppm} \times 1 \text{ L}$$

$$m = 20 \text{ mg}$$

Keterangan :

ppm = konsentrasi *methylene blue*

mg = berat *methylene blue* yang diperlukan (mg)

L = volume yang digunakan untuk melarutkan *methylene blue* (L)

Ditimbang sebanyak 20 mg *methylene blue* dilarutkan dalam beaker glass yang berisi 200 mL aquades dan diaduk hingga larut. Dipindahkan larutan dalam labu ukur 1000 mL, dan ditambahkan aquades sampai tanda batas. Dikocok-kocok sampai larutan bercampur sempurna

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 1 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Keterangan :

M_1 : Konsentrasi stok

V_1 : Volume stok

M_2 : Konsentrasi yang akan dibuat

V_2 : Volume yang akan dibuat

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Diambil 5 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 2 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Diambil 10 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 3 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 3 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{3 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

Diambil 15 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 4 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

Diambil 20 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 5 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

Diambil 25 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 6 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 6 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{6 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

Diambil 30 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 7 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 7 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{7 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 35 \text{ mL}$$

Diambil 35 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen. .

- Membuat 100 mL larutan Metilen Blue 8 ppm dari larutan 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

Diambil 40 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

- Larutan Metilen Blue 16 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$20 \text{ ppm} \times V_1 = 16 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{16 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{20 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 80 \text{ mL}$$

Diambil 80 mL larutan stok metilen blue 20 ppm, diambil dengan pipet ukur 100 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades hingga tanda batas, dilakukan pengocokan hingga didapatkan larutan homogen.

Lampiran 3. Data dan Perhitungan

3.1 Penentuan Keasaman

Hasil uji keasaman ZA, H-ZA dan Sn-HZA

Nama Zeolit	(W1)	(W2)	(W3)	Keasaman (mmol/gram)
ZA	22,6968	22,8948	22,8998	1,4850
H-ZA	22,6988	22,8945	22,9022	2,3145
Sn-HZA	26,5515	26,7693	26,7791	2,6468

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Keasamaan} &= \frac{(W3 - W2)}{(W2 - W1) \times \text{Mr NH}_3} \\
 &= \frac{(22,8998 - 22,8948) \text{ gr}}{(22,8948 - 22,6968) \text{ gr} \times 17 \text{ gr/mol}} \\
 &= 1,4850 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

W1 = Berat gelas arloji kosong setelah pemanasan (gram)

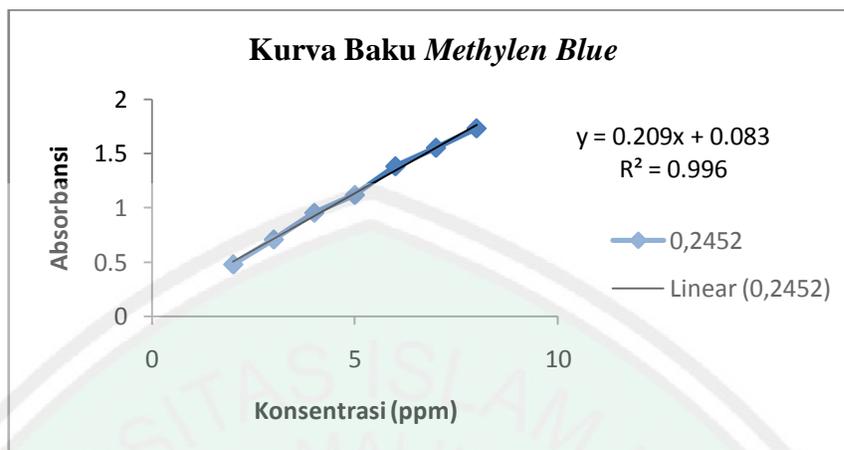
W2 = Berat gelas arloji dan zeolit setelah pemanasan (gram)

W3 = Berat gelas arloji dan zeolit setelah adsorpsi amoniak (gram)

3.2 Penentuan Luas Permukaan

1. Pembuatan kurva baku *methylene blue*

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,2452
2	0,4793
3	0,7089
4	0,9542
5	1,1184
6	1,3828
7	1,5530
8	1,7320



2. Luas Permukaan Spesifik Zeolit Alam

Waktu	Berat Zeolit yg Dipakai (gr)	Absorbansi	Xm (mg/gr)	Luas Permukaan (m ² /gr)
10	0.0516	0.2436	2.9518	10.9338
20	0.0518	0.2088	2.9726	11.0106
30	0.0503	0.2218	3.0489	11.2932
40	0.0500	0.2181	3.0707	11.3740
50	0.0512	0.1983	3.0172	11.1760
60	0.0511	0.1570	3.0618	11.3411
70	0.0511	0.1378	3.0798	11.4077

3. Luas Permukaan Spesifik Zeolit Aktivasi (H-ZA)

Waktu	Berat Zeolit yg dipakai (gr)	Absorbansi	Xm (mg/gr)	Luas Permukaan (m ² /gr)
10	0.0505	0.1534	3.1016	11.4885
20	0.0514	0.1380	3.0616	11.3404
30	0.0500	0.1321	3.1530	11.6789
40	0.0503	0.1851	3.0838	11.4225
50	0.0502	0.1770	3.0977	11.4738
60	0.0510	0.1332	3.0902	11.4461
70	0.0514	0.1226	3.0760	11.3935

4. Luas Permukaan Spesifik Zeolit Modifikasi (Sn-HZA)

Waktu	Berat Zeolit yg dipakai (gr)	Absorbansi	Xm (mg/gr)	Luas permukaan (m ² /gr)
10	0.0502	0.2855	2.9942	11.0907
20	0.0500	0.1904	3.0972	11.4722
30	0.0501	0.1502	3.1294	11.5915
40	0.0503	0.1607	3.1070	11.5084
50	0.0501	0.1409	3.1383	11.6244
60	0.0503	0.1089	3.1563	11.6910
70	0.0507	0.1279	3.2234	11.5323

Contoh Perhitungan Penentuan Luas Permukaan

- a. Menentukan konsentrasi sisa *methylene blue* setelah diadsorpsi zeolit alam

Hasil absorbansi : 0,2436

Persamaan Kurva Baku yang didapat :

$$y = 0.209x + 0.083$$

$$0,2436 = 0,209x + 0,083$$

$$x = (0,2436 - 0,083) / 0,209$$

$$x = 0,7684 \text{ ppm}$$

- b. Menentukan konsentrasi *methylene blue* teradsorpsi

$$\begin{aligned} [\text{Methylene blue yang diserap zeolit}] &= [\text{MB 16 ppm}] - [\text{MB sisa}] \\ &= 16 \text{ ppm} - 0,7684 \text{ ppm} \\ &= 15,2316 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= \frac{\text{mg}}{\text{L}} \\ &= 15,2315 \text{ ppm} \times 0,01 \text{ L} = 0,152316 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$X_m = \frac{\text{berat methylene blue yang terserap}}{\text{berat zeolit yang dipakai}}$$

$$X_m = \frac{0,152316 \text{ mg}}{0,0516 \text{ gram}}$$

$$X_m = 2,9518 \text{ mg/gram}$$

c. Menentukan Luas permukaan Spesifik

$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot A}{M_r \text{ (MB)}}$$

$$S = \frac{2,9518 \times 6,02 \text{ E } 23 \times 197,2 \text{ E-}20}{320500}$$

$$= 10,9338 \text{ m}^2/\text{gram}$$

Keterangan:

- S = luas permukaan adsorben (m²/g)
 N = bilangan avogadro (mol⁻¹)
 X_m = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)
 A = luas penutupan oleh 1 molekul *methylene blue* (m²)
 M_r = massa molekul relatif *methylene blue* (mg/mol)

Dimana :

- bilangan avogadro (N) = 6,022.10²³ mol⁻¹
 berat adsorbat teradsorpsi (X_m) = 18,9082 mg/g
 luas penutupan oleh 1 molekul *methylene blue* (A) = 197.10⁻²⁰ m²
 massa molekul relatif *methylene blue* (M_r) = 320,5 g/mol
 = 320500 mg/mol

3.3 Analisis Hasil Isomerisasi dengan Polarimeter

3.3.1 Penentuan α spesifik glukosa

Konsentrasi Glukosa (g/mL)	α_{sg} (I) (°Z)	α_{sg} (II) (°Z)	α_{sg} (III) (°Z)	α_{sg} (IV) (°Z)	α_{sg} (V) (°Z)	Modus
0,02	7,3	7,2	7,2	7,3	7,2	7,2
0,04	14,6	14,7	14,7	14,7	14,6	14,7
0,06	21,1	21,1	21,1	21,2	21,2	21,1
0,08	27,8	27,6	27,7	27,7	27,7	27,7
0,1	37,5	37,5	37,5	37,45	37,5	37,5
0,12	42,6	42,6	42,65	42,7	42,6	42,6

α spesifik glukosa yang digunakan yaitu α spesifik glukosa yang banyak keluar ditinjau dari nilai modulusnya

Perhitungan Konsentrasi Glukosa 2 – 12 % dalam 25 mL

➤ Glukosa 2 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{2}{100} \times 25 \text{ mL} = 0,5 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,02 \text{ g/mL}$$

➤ Glukosa 4 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{4}{100} \times 25 \text{ mL} = 1 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,04 \text{ g/mL}$$

➤ Glukosa 6 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{6}{100} \times 25 \text{ mL} = 1,5 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,06 \text{ g/mL}$$

➤ Glukosa 8 %

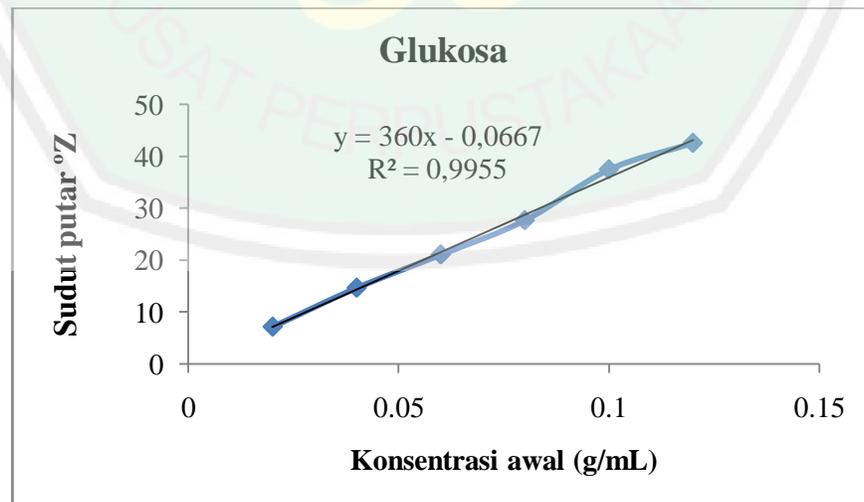
$$\% \frac{b}{v} = \frac{8}{100} \times 25 \text{ mL} = 2 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,08 \text{ g/mL}$$

➤ Glukosa 10 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{10}{100} \times 25 \text{ mL} = 2,5 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,1 \text{ g/mL}$$

➤ Glukosa 12 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{12}{100} \times 25 \text{ mL} = 3 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,12 \text{ g/mL}$$



Dari grafik dilakukan linearisasi sehingga didapat persamaan

$$y = 360x - 0,0667$$

Rumus:

$$\alpha_{\text{obs}} = L \cdot \alpha_{\text{sg}} \cdot [\text{glukosa}]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} y &= \alpha_{\text{obs}} \\ m &= L \cdot \alpha_{\text{sg}} \\ x &= [\text{Glukosa}] \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{gradien (m)} &= 360 \\ \alpha_{\text{sg}} \cdot L &= 360 \\ \alpha_{\text{sg}} \cdot 2 &= 360 \\ \alpha_{\text{sg}} &= 180 \end{aligned}$$

3.3.2 Penentuan α spesifik fruktosa

Konsentrasi Fruktosa (g/mL)	α_{sf} (I) (°Z)	α_{sf} (II) (°Z)	α_{sf} (III) (°Z)	α_{sf} (IV) (°Z)	α_{sf} (V) (°Z)	Modus
0,02	-10	-10,1	-10,1	-10,1	-10	-10,1
0,04	-20,1	-20,1	-21	-21	-21	-21
0,06	-30	-29,9	-29,9	-30	-30	-30
0,08	-41	-40	-40	-40	-40	-40
0,1	-50	-51	-50	-50	-50	-50
0,12	-60	-60	-60,5	-60	-60	-60

α spesifik fruktosa yang digunakan yaitu α spesifik fruktosa yang banyak keluar ditinjau dari nilai modulusnya

Perhitungan Konsentrasi Fruktosa 2 – 12 % dalam 25 mL

➤ Fruktosa 2 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{2}{100} \times 25 \text{ mL} = 0,5 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,02 \text{ g/mL}$$

➤ Fruktosa 4 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{4}{100} \times 25 \text{ mL} = 1 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,04 \text{ g/mL}$$

➤ Fruktosa 6 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{6}{100} \times 25 \text{ mL} = 1,5 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,06 \text{ g/mL}$$

➤ Fruktosa 8 %

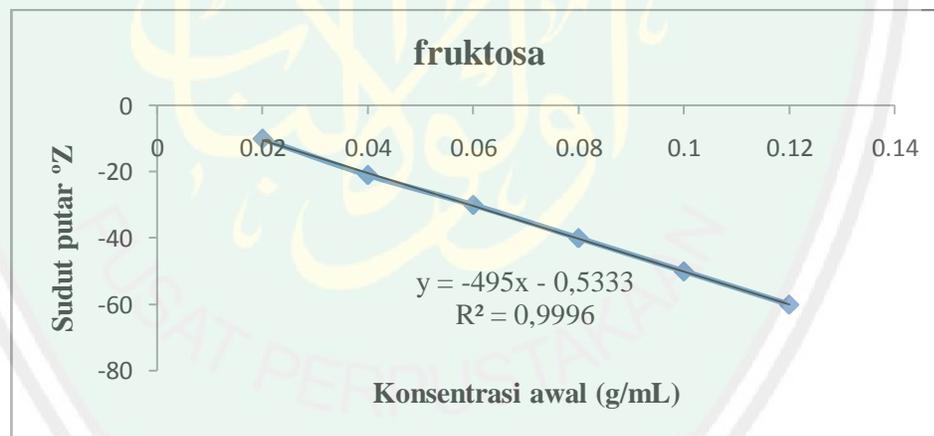
$$\% \frac{b}{v} = \frac{8}{100} \times 25 \text{ mL} = 2 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,08 \text{ g/mL}$$

➤ Fruktosa 10 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{10}{100} \times 25 \text{ mL} = 2,5 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,1 \text{ g/mL}$$

➤ Fruktosa 12 %

$$\% \frac{b}{v} = \frac{12}{100} \times 25 \text{ mL} = 3 \text{ g} / 25 \text{ mL} = 0,12 \text{ g/mL}$$



Dari grafik dilakukan linearisasi sehingga didapat persamaan

$$y = - 495x - 0,5333$$

Rumus:

$$\alpha_{\text{obs}} = L \cdot \alpha_{\text{sf}} \cdot [\text{Fruktosa}]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} y &= \alpha_{\text{obs}} \\ m &= L \cdot \alpha_{\text{sg}} \\ x &= [\text{Fruktosa}] \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{gradien (m)} &= -495x \\ \alpha_{\text{sf. L}} &= -495 \\ \alpha_{\text{sf. 2}} &= -495 \\ \alpha_{\text{sf}} &= -247,5 \end{aligned}$$

3.3.3 Penentuan Konsentrasi Glukosa Setiap Waktu Menggunakan Polarimeter

$$\text{Konsentrasi glukosa awal [glukosa]}_0 = \frac{5 \text{ g}}{50 \text{ mL}} = 0.1 \text{ g/mL}$$

1. Tanpa Katalis

- Suhu 110°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,45	1,45	1,45	0,1003	0,1003	0,1003	0,1003
120	1,4	1,45	1,45	0,0988	0,1003	0,1003	0,0988
180	1,4	1,4	1,4	0,0988	0,0988	0,0988	0,0988
240	1,4	1,4	1,4	0,0988	0,0988	0,0988	0,0988

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

- Suhu 120°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,45	1,45	1,45	0,1003	0,1003	0,1003	0,1003
120	1,4	1,35	1,35	0,0988	0,0974	0,0974	0,0978
180	1,35	1,35	1,35	0,0974	0,0974	0,0974	0,0974
240	1,3	1,35	1,3	0,0959	0,0974	0,0959	0,0964

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

- Suhu 130°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,45	1,45	1,45	0,1003	0,1003	0,1003	0,1003
120	1,4	1,35	1,35	0,0988	0,0974	0,0974	0,0978
180	1,3	1,3	1,3	0,0959	0,0959	0,0959	0,0959
240	1,3	1,3	1,3	0,0959	0,0959	0,0959	0,0959

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

Contoh perhitungan konsentrasi glukosa sisa menggunakan polarimeter:

- 60 menit, suhu 110 °C, ulangan 1

$$\begin{aligned}
 [\text{glukosa}] &= \frac{n \cdot \alpha(\text{obs}) - (\alpha(\text{sf}) \cdot L \cdot [\text{glukosa}]_0)}{L \cdot (\alpha(\text{sg}) - \alpha(\text{sf}))} \\
 &= \frac{25 \times 1,2 - (-247,5 \times 2 \times 0,1)}{2 \cdot (180 - (-247,5))} \\
 &= 0,1003 \text{ g/mL}
 \end{aligned}$$

2. Zeolit Aktivasi

- Suhu 110°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,25	1,25	1,3	0,0944	0,0944	0,0959	0,0949
120	1,05	1,1	1,15	0,0886	0,0901	0,0915	0,0901
180	1	0,95	1,1	0,0871	0,0857	0,0901	0,0876
240	0,9	0,9	0,95	0,0842	0,0842	0,0857	0,0847

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

- Suhu 120°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,3	1,25	1,25	0,0959	0,0944	0,0944	0,0949
120	1,1	0,95	1,05	0,0901	0,0857	0,0886	0,0881
180	1	0,85	0,95	0,0871	0,0827	0,0857	0,0852
240	0,9	0,8	0,85	0,0842	0,0813	0,0827	0,0827

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

- Suhu 130°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,25	1,15	1,15	0,0944	0,0915	0,0915	0,0925
120	0,95	1,05	1,05	0,0857	0,0886	0,0886	0,0876
180	0,9	0,95	0,95	0,0842	0,0857	0,0857	0,0852
240	0,75	0,8	0,8	0,0798	0,0813	0,0813	0,0808

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

Contoh perhitungan konsentrasi glukosa sisa menggunakan polarimeter:

- 60 menit, suhu 110 °C, ulangan 1

$$[\text{glukosa}] = \frac{n \cdot \alpha(\text{obs}) - (\alpha(\text{sf}) \cdot L \cdot [\text{glukosa}]_0)}{L \cdot (\alpha(\text{sg}) - \alpha(\text{sf}))}$$

$$= \frac{25 \times 1,25 - (-247,5 \times 2 \times 0,1)}{2 (180 - (-247,5))}$$

$$= 0,0944 \text{ g/mL}$$

3. Zeolit Modifikasi

- Suhu 110°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,4	1,4	1,35	0,0988	0,0988	0,0974	0,0983
120	1,35	1,2	1,2	0,0974	0,0930	0,0930	0,0944
180	1,2	1	1	0,0930	0,0871	0,0871	0,0891
240	0,9	0,8	0,8	0,0842	0,0813	0,0813	0,0823

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

- Suhu 120°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,2	1,15	1,05	0,0930	0,0915	0,0886	0,0910
120	1	0,9	0,8	0,0871	0,0842	0,0813	0,0842
180	0,85	0,75	0,7	0,0827	0,0798	0,0784	0,0803
240	0,65	0,6	0,55	0,0769	0,0754	0,0740	0,0754

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

- Suhu 130°C

Waktu (menit)	Hasil Polarimeter*			[glukosa sisa] (g/mL)			Rata-rata [glukosa sisa] (g/mL)
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 1	UI 2	UI 3	
0	1,5	1,5	1,5	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
60	1,2	1,15	0,9	0,0930	0,0915	0,0842	0,0896
120	0,85	0,9	0,75	0,0827	0,0842	0,0798	0,0823
180	0,65	0,7	0,6	0,0769	0,0784	0,0754	0,0769
240	0,55	0,6	0,6	0,0740	0,0754	0,0754	0,0750

* nilai ini merupakan modus dari 5 kali pengamatan menggunakan alat polarimeter

Contoh perhitungan konsentrasi glukosa sisa menggunakan polarimeter:

- 60 menit, suhu 110 °C, ulangan 1

$$\begin{aligned}
 [\text{glukosa}] &= \frac{n \cdot \alpha(\text{obs}) - (\alpha(\text{sf}) \cdot L \cdot [\text{glukosa}]_0)}{L \cdot (\alpha(\text{sg}) - \alpha(\text{sf}))} \\
 &= \frac{25 \times 1,4 - (-247,5 \times 2 \times 0,1)}{2 \cdot (180 - (-247,5))} \\
 &= 0,0988 \text{ g/mL}
 \end{aligned}$$

3.4 Penentuan Konversi Glukosa Menggunakan Polarimeter

Data Hasil Konversi

Waktu	Suhu	Hasil Konversi (%)*		
		Tanpa Katalis	H-ZA	Sn-HZA
0	110	0	0	0
	120	0	0	0
	130	0	0	0
1	110	1,44	6,70	3,35
	120	1,44	6,70	10,54
	130	1,44	9,10	11,97
2	110	1,92	11,49	7,18
	120	3,83	13,41	17,24
	130	3,83	13,89	20,11
3	110	2,87	13,89	12,45
	120	4,31	16,28	21,07
	130	5,75	16,28	25,38
4	110	2,87	16,76	19,15
	120	5,27	18,68	25,86
	130	5,75	20,59	26,34

*Hasil konversi merupakan hasil rata-rata konversi 3 ulangan tiap suhu. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4

Contoh Perhitungan

$$\% \text{ konversi} = \frac{\text{Konsentrasi glukosa awal} - \text{konsentrasi glukosa akhir}}{\text{Konsentrasi glukosa awal}} \times 100 \%$$

➤ **Tanpa Katalis**

60 menit 110 °C

$$\% \text{ konversi} = \frac{\text{Konsentrasi glukosa awal} - \text{konsentrasi glukosa akhir}}{\text{Konsentrasi glukosa awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{0,1018 \text{ gr/mL} - 0,1003 \text{ gr/mL}}{0,1018 \text{ gr/mL}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ konversi} = 1,44 \%$$

➤ **Zeolit Aktivasi**

60 menit 110 °C

$$\% \text{ konversi} = \frac{\text{Konsentrasi glukosa awal} - \text{konsentrasi glukosa akhir}}{\text{Konsentrasi glukosa awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{0,1018 \text{ gr/mL} - 0,0944 \text{ gr/mL}}{0,1018 \text{ gr/mL}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ konversi} = 7,18 \%$$

➤ **Zeolit Modifikasi**

60 menit 110 °C

$$\% \text{ konversi} = \frac{\text{Konsentrasi glukosa awal} - \text{konsentrasi glukosa akhir}}{\text{Konsentrasi glukosa awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{0,1018 \text{ gr/mL} - 0,0988 \text{ gr/mL}}{0,1018 \text{ gr/mL}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ konversi} = 2,87 \%$$

3.4 Kinetika Reaksi Isomerisasi Glukosa

3.4.1 Penentuan Orde Reaksi

1. Tanpa Katalis

Suhu °C	Orde 0		Orde 1		Orde 2	
	Persamaan	k	Persamaan	k	Persamaan	k
110	$y = -2.10^7x + 0.101$	2.10^7	$y = -4.10^6x - 2.287$	4.10^6	$y = 2.10^5x + 9.881$	2.10^5
120	$y = -4.10^7x + 0.101$	4.10^7	$y = -4.10^6x - 2.287$	4.10^6	$y = 4.10^5x + 9.852$	4.10^5
130	$y = -4.10^7x + 0.101$	4.10^7	$y = -4.10^6x - 2.287$	4.10^6	$y = 5.10^5x + 9.841$	5.10^5

2. H-ZA

Suhu °C	Orde 0		Orde 1		Orde 2	
	Persamaan	k	Persamaan	k	Persamaan	k
110	$y = -1.10^6x + 0.100$	1.10^6	$y = -1.10^5x - 2.300$	1.10^5	$y = 0,0001x + 9.9674$	0,0001
120	$y = -1.10^6x + 0.100$	1.10^6	$y = -1.10^5x - 2.300$	1.10^5	$y = 0,0002x + 9.9631$	0,0002
130	$y = -1.10^6x + 0.099$	1.10^6	$y = -2.10^5x - 2.307$	2.10^5	$y = 0,0002x + 10.028$	0,0002

3. Sn-HZA

Suhu °C	Orde 0		Orde 1		Orde 2	
	Persamaan	k	Persamaan	k	Persamaan	k
110	$y = -1.10^6x + 0.102$	1.10^6	$y = -1.10^5x - 2.271$	1.10^5	$y = 0,0002x + 9,6503$	0,0002
120	$y = -2.10^6x + 0.099$	2.10^6	$y = -2.10^5x - 2.307$	2.10^5	$y = 0,0002x + 10,014$	0,0002
130	$y = -2.10^6x + 0.098$	2.10^6	$y = -2.10^5x - 2.317$	2.10^5	$y = 0,0003x + 10,155$	0,0003

Tabel nilai regresi

Suhu (°C)	Sampel	Regresi		
		Orde-0	Orde-1	Orde-2
110	Tanpa Katalis	0,781	0,942	0,783
	H-ZA	0,953	0,964	0,973
	Sn-HZA	0,978	0,969	0,957
120	Tanpa Katalis	0,940	0,942	0,944
	H-ZA	0,949	0,959	0,967
	Sn-HZA	0,957	0,973	0,985
130	Tanpa Katalis	0,936	0,942	0,938
	H-ZA	0,942	0,956	0,968
	Sn-HZA	0,907	0,925	0,940

Contoh Perhitungan Penentuan Orde Reaksi

Data yang digunakan adalah $[S_t]$ yaitu rata-rata glukosa sisa (Tabel penentuan konsentrasi glukosa sisa)

1. Tanpa Katalis

a) Orde-0 Suhu 110 °C

t	$[S_t]$
0	0,1018
3600	0,1003
7200	0,0988
10800	0,0988
14400	0,0988

$$[S_t] = -kt + [S]_0$$

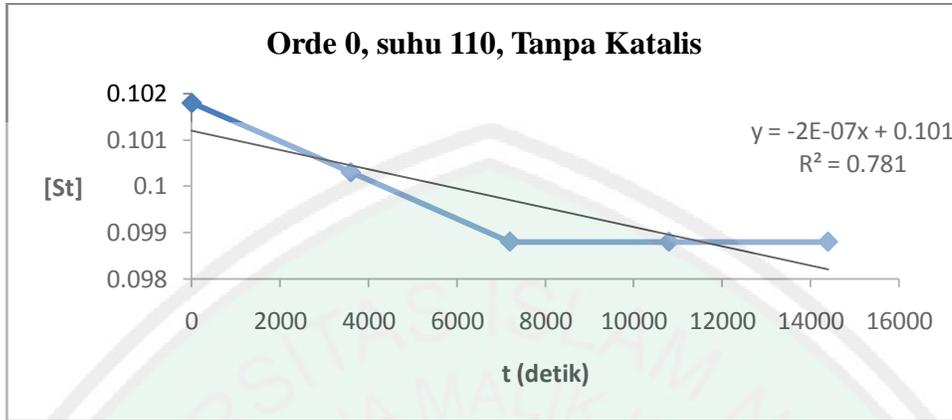
$$y = mx + b$$

$$y = -2 \cdot 10^{-7}x + 0.101$$

$$\text{slope} = -k$$

$$k = 2 \cdot 10^{-7}$$

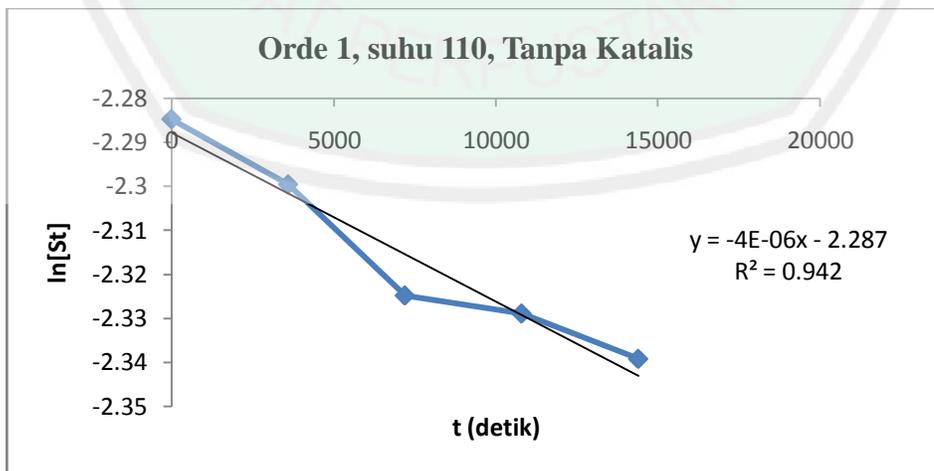
$$[S]_0, \text{ pada saat } t = 0$$



b) Orde-1 Suhu 110 °C

t	[St]	ln[St]
0	0,1018	-2,28475
3600	0,1003	-2,29959
7200	0,0988	-2,31466
10800	0,0988	-2,31466
14400	0,0988	-2,31466

$\ln [St] = -kt + \ln [S]_0$
 $y = mx + b$
 $y = - 4.10^{-6}x - 2.287$
 slope = -k
 $k = 4.10^{-6}$
 $\ln [S]_0$, pada saat t = 0



c) Orde 2 Suhu 110°C

t	[St]	1/[St]
0	0,1018	9,823183
3600	0,1003	9,97009
7200	0,0988	10,12146
10800	0,0988	10,12146
14400	0,0988	10,12146

$$1/[St] = kt + 1/[S]_0$$

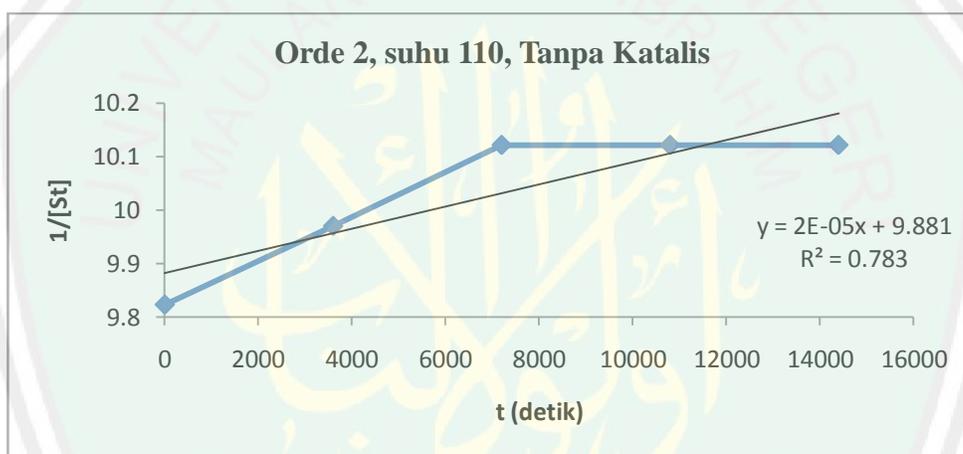
$$y = mx + b$$

$$y = 2.10^{-5}x + 9.881$$

$$\text{slope} = k$$

$$k = 2.10^{-5}$$

$$1/[S]_0, \text{ pada saat } t = 0$$



2. HZA

a) Orde-0 Suhu 110°C

t	[St]
0	0,1018
3600	0,0949
7200	0,0901
10800	0,0876
14400	0,0847

$$[St] = -kt + [S]_0$$

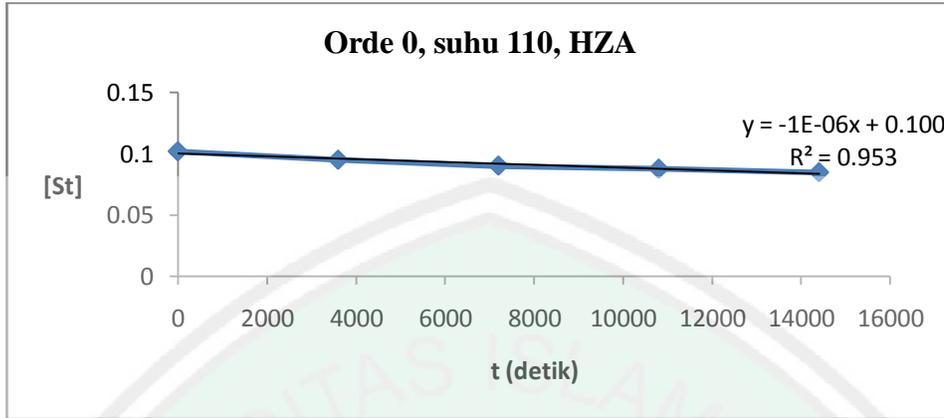
$$y = mx + b$$

$$y = -1.10^{-6}x + 0.100$$

$$\text{slope} = -k$$

$$k = 1.10^{-6}$$

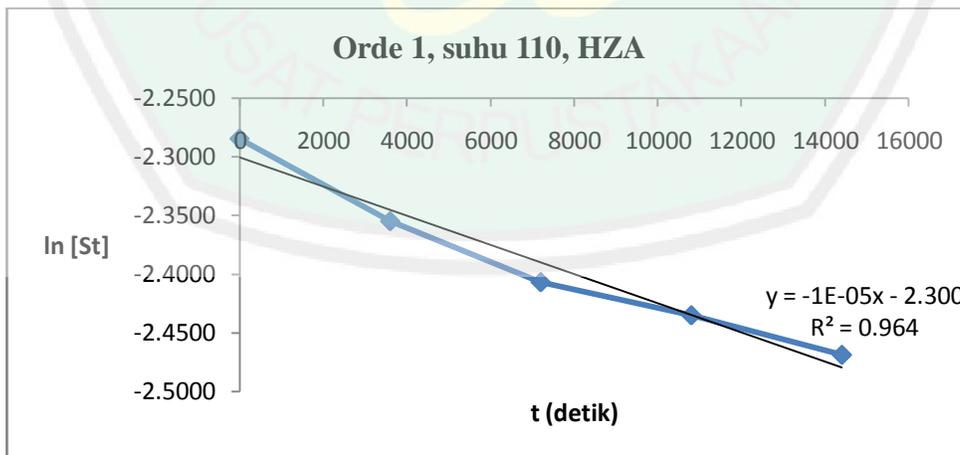
$$[S]_0, \text{ pada saat } t = 0$$



b) Orde-1 Suhu 110 °C

t	[St]	ln [St]
0	0,1018	-2,2847
3600	0,0949	-2,3549
7200	0,0901	-2,4068
10800	0,0876	-2,4350
14400	0,0847	-2,4686

$\ln [St] = -kt + \ln [S]_0$
 $y = mx + b$
 $y = -1.10^{-5}x - 2.300$
 slope = -k
 $k = 1.10^{-5}$
 $\ln [S]_0$, pada saat t = 0



c) Orde 2 Suhu 110 °C

t	[St]	1/[St]
0	0,1018	9,8232
3600	0,0949	10,5374
7200	0,0901	11,0988
10800	0,0876	11,4155
14400	0,0847	11,8064

$$1/[St] = kt + 1/[S]_0$$

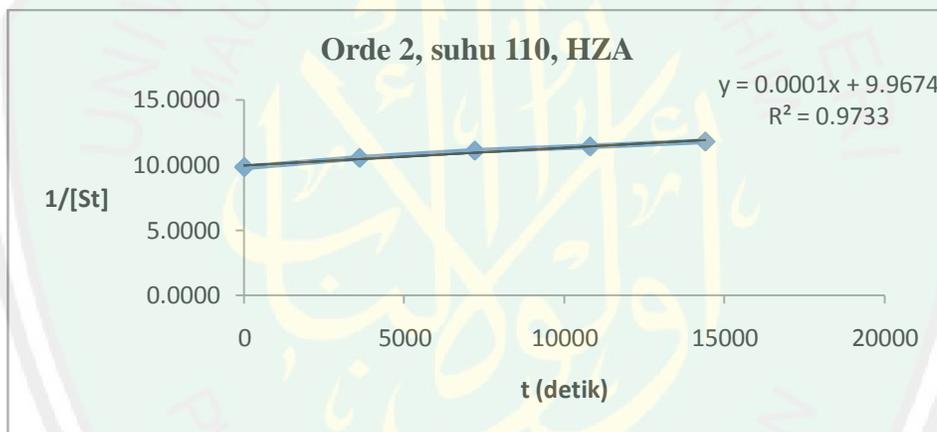
$$y = mx + b$$

$$y = 0.0001x + 9.9674$$

slope = k

$$k = 0,0001$$

$1/[S]_0$, pada saat $t = 0$



3. Sn-HZA

a) Orde-0 Suhu 110°C

t	[St]
0	0,1018
3600	0,0983
7200	0,0944
10800	0,0891
14400	0,0823

$$[St] = -kt + [S]_0$$

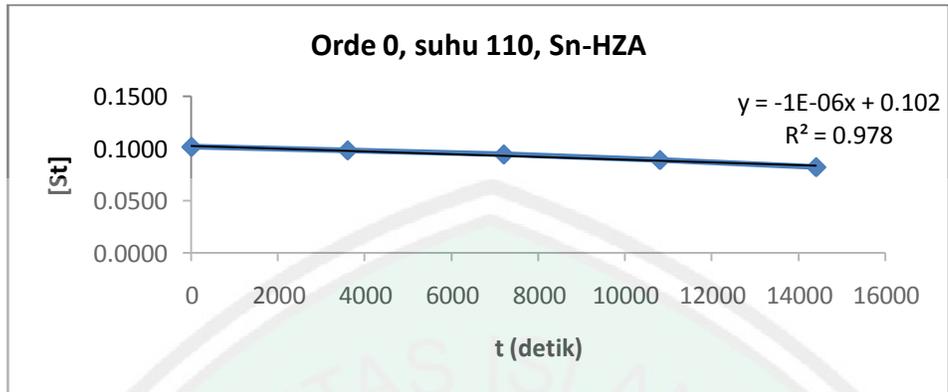
$$y = mx + b$$

$$y = -1.10^{-6}x + 0.102$$

slope = -k

$$k = 1.10^{-6}$$

$[S]_0$, pada saat $t = 0$



b) Orde-1 Suhu 110

t	[St]	ln [St]
0	0,1018	-2,28519
3600	0,0983	-2,31929
7200	0,0944	-2,35974
10800	0,0891	-2,41818
14400	0,0823	-2,49786

$$\ln [St] = -kt + \ln [S]_0$$

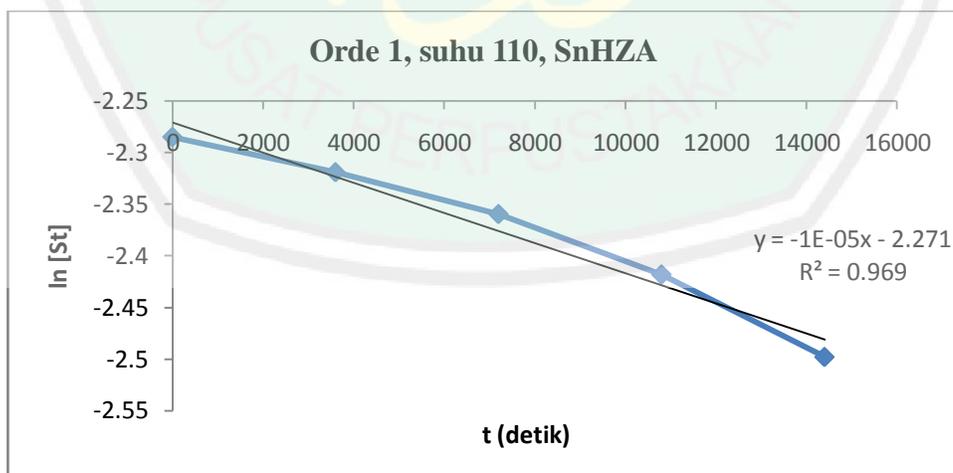
$$y = mx + b$$

$$y = -1.10^{-5}x - 2.271$$

$$\text{slope} = -k$$

$$k = 1.10^{-5}$$

$\ln [S]_0$, pada saat $t = 0$



c) Orde 2 Suhu 110

t	[St]	1/[St]
0	0,1018	9,8276
3600	0,0983	10,1685
7200	0,0944	10,5882
10800	0,0891	11,2254
14400	0,0823	12,1564

$$1/[St] = kt + 1/[S]_0$$

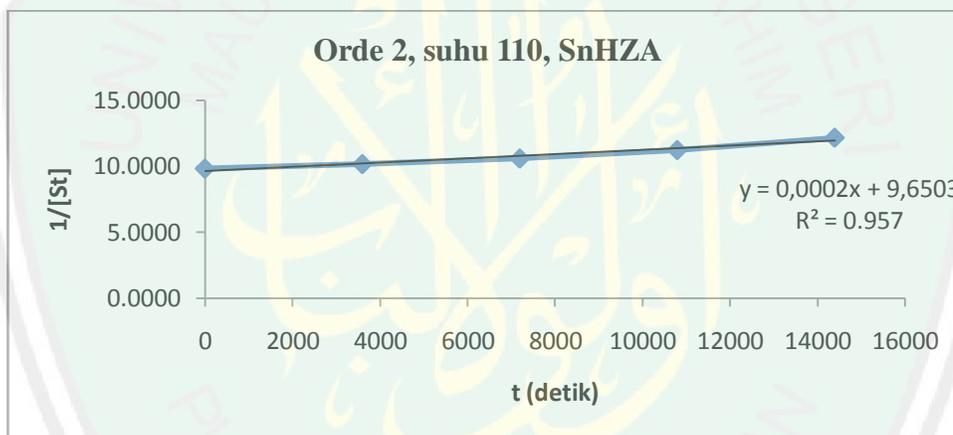
$$y = mx + b$$

$$y = 0,0002x + 9,6503$$

$$\text{slope} = k$$

$$k = 0,0002$$

$$1/[S]_0, \text{ pada saat } t = 0$$

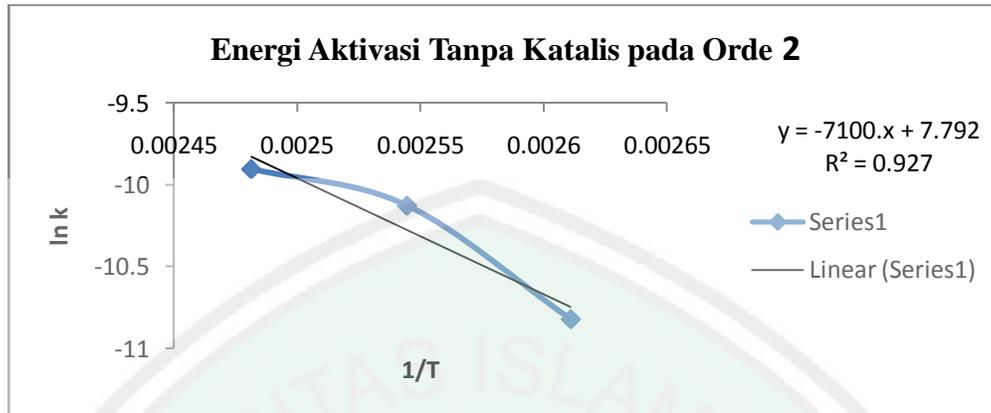


3.4.2 Penentuan Energi Aktivasi

Setiap persamaan pada masing-masing suhu dan jenis katalis (pada orde 2) diambil nilai gradien yang menunjukkan konstanta laju dan diplotkan nilai $\ln k$ terhadap $1/T$

1. Tanpa Katalis

Suhu (K)	Persamaan	Konstanta (k)	$\ln k$	$1/T$
383	$y = 2E-05x + 9.881$	2,00E-05	-10,8198	0,002611
393	$y = 4E-05x + 9.852$	4,00E-05	-10,1266	0,002545
403	$y = 5E-05x + 9.841$	5,00E-05	-9,90349	0,002481



Persamaan Arrhenius

$$k = Ae^{-E_a/RT},$$

$$m = \left(-\frac{E_a}{R}\right) = -7100$$

$$\ln k = \left(-\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$$

$$7100 = \left(\frac{E_a}{R}\right)$$

$$y = (a)(x) + b$$

$$E_a = 7100 \times R$$

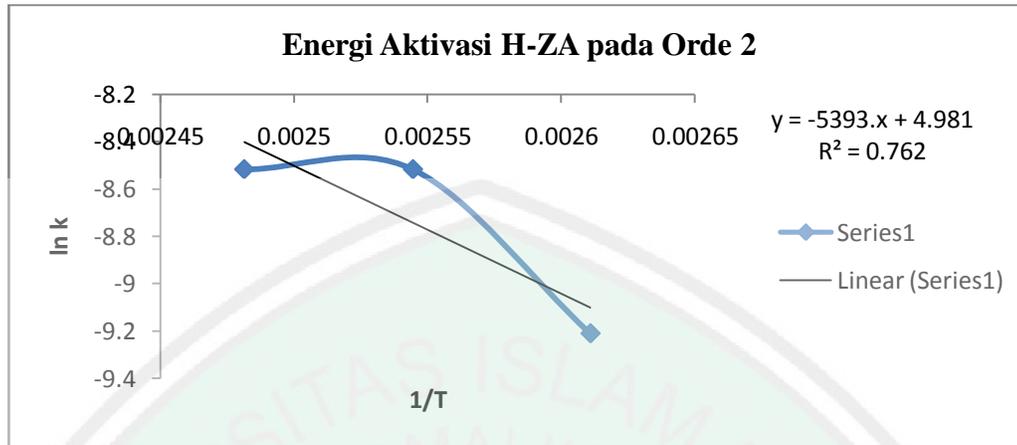
$$y = -7100.x + 7.792$$

$$E_a = 7100 \times 8,314 \text{ j. mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$E_a = 59029,4 \text{ j. mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

2. H-ZA

Suhu (K)	Persamaan	Konstanta (k)	ln k	1/T
383	$y = 0,0001x + 9.9674$	1,00E-04	-9,21034	0,002611
393	$y = 0,0002x + 9.9631$	2,00E-04	-8,51719	0,002545
403	$y = 0,0002x + 10.028$	2,00E-04	-8,51719	0,002481



Persamaan Arrhenius

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

$$m = \left(-\frac{E_a}{R}\right) = -5393$$

$$\ln k = \left(-\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$$

$$5393 = \left(\frac{E_a}{R}\right)$$

$$y = (a)(x) + b$$

$$E_a = 5393 \times R$$

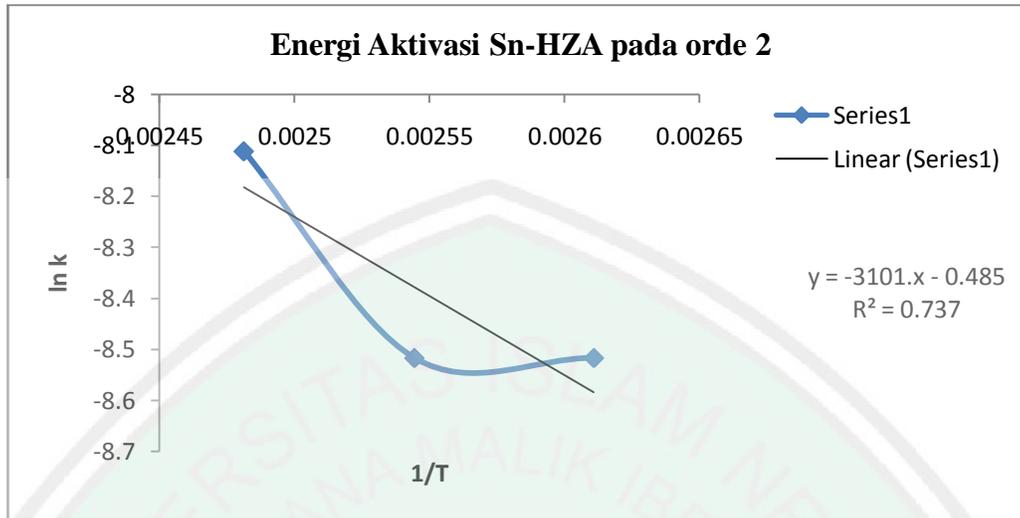
$$y = -5393x + 4.981$$

$$E_a = 5393 \times 8,314 \text{ j. mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$E_a = 44837,4 \text{ j. mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

3. Sn-HZA

Suhu (K)	Persamaan	Konstanta (k)	ln k	1/T
383	$y = 0,0002x + 9,6503$	2,00E-04	-8,51719	0,002611
393	$y = 0,0002x + 10,014$	2,00E-04	-8,51719	0,002545
403	$y = 0,0002x + 10,125$	3,00E-04	-8,11173	0,002481



Persamaan Arrhenius

$$k = Ae^{-E_a/RT},$$

$$m = \left(-\frac{E_a}{R}\right) = -3101$$

$$\ln k = \left(-\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$$

$$3101 = \left(\frac{E_a}{R}\right)$$

$$y = (a)(x) + b$$

$$Ea = 3101 \times R$$

$$y = -3101x - 0.485$$

$$Ea = 3101 \times 8,314 \text{ j. mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$Ea = 25781,71 \text{ j. mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

3.5 Penentuan Konsentrasi Glukosa, Fruktosa dan Manosa dengan HPLC

1. Glukosa

Sampel	Luas Area Glukosa Sampel	Konsentrasi Glukosa (%)
HZA/130°C/4 jam	14691209	9,2845
SnHZA/120°C/4 jam	14339434	9,7099
SnHZA/130°C/3 jam	14625549	9,4144
SnHZA/130°C/4 jam	13195676	9,0534

Contoh Perhitungan

HZA/130°C/4 jam

Diketahui :

Standar glukosa

Berat larutan standar = 0,2503 gr

Volume Labu = 25 mL

Konsentrasi standar hitung = 1,0012 % (b/v)

Area = 144956856

RT = 9,267

Faktor pengenceran(fp) = 100/1 (mengambil 1 mL sampel,
diencerkan dengan 100 mL akuades)

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Glukosa} &= \frac{\text{area sampel}}{\text{area standar}} \times fp \times \frac{\text{konsentrasi standar hitung}}{\text{Berat Sampel}} \\
 &= \frac{14691209}{144956856} \times 100 \times \frac{1,0012 \%}{1,0929 \text{ gr}} \\
 &= 9,2845 \%
 \end{aligned}$$

2. Fruktosa

Sampel	Luas Area Fruktosa	Konsentrasi Fruktosa (%)
HZA/130°C/4 jam	753616	0,5068
SnHZA/120°C/4 jam	896501	0,6460
SnHZA/130°C/3 jam	558863	0,3828
SnHZA/130°C/4 jam	438406	0,3200

Contoh Perhitungan

HZA/130°C/4 jam

Diketahui :

Standar fruktosa

Berat Sampel = 0,25 gr

Volume Labu = 25 mL

Konsentrasi Hitung = 1 %

Area = 136049132

RT = 12,733

$$\begin{aligned} \% \text{ Fruktosa} &= \frac{\text{area sampel}}{\text{area standar}} \times fp \times \frac{\text{konsentrasi standar hitung}}{\text{Berat Sampel}} \\ &= \frac{753616}{136049132} \times 100 \times \frac{1}{1,0929} \\ &= 0,5068 \% \end{aligned}$$

3. Manosa

Sampel	Luas Area Manosa	Konsentrasi Manosa (%)
HZA/130°C/4 jam	132804	0,0959
SnHZA/120°C/4 jam	103727	0,0803
SnHZA/130°C/3 jam	139081	0,1024
SnHZA/130°C/4 jam	15684	0,0123

Contoh Perhitungan

HZA/130°C/4 jam

Diketahui :

Standar Manosa

Berat Sampel = 0,25 gr

Volume Labu = 25 mL

Konsentrasi Hitung = 1 %

$$\text{Area} = 126639227$$

$$\text{RT} = 10,883$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Manosa} &= \frac{\text{area sampel}}{\text{area standar}} \times fp \times \frac{\text{konsentrasi standar hitung}}{\text{Berat Sampel}} \\ &= \frac{132804}{126639227} \times 100 \times \frac{1}{1,0929} \\ &= 0,0959 \% \end{aligned}$$

3.6 Penentuan Konversi Glukosa dengan HPLC

Sampel	Luas Area Total	Luas Area Glukosa	Konversi Glukosa (%)
HZA/130°C/4 jam	17083964	14691209	14,0059
SnHZA/120°C/4 jam	16688068	14339434	14,0737
SnHZA/130°C/3 jam	16949967	14625549	13,7134
SnHZA/130°C/4 jam	14812638	13195676	10,9161

Contoh Perhitungan

HZA/130°C/4 jam

$$\begin{aligned} \% \text{ Konversi Glukosa} &= \frac{\text{area total} - \text{area glukosa}}{\text{area total}} \\ &= \frac{17083964 - 14691209}{17083964} \\ &= 14,0059 \% \end{aligned}$$

Lampiran 4. Analisis Statistik

Data Lengkap Hasil Konversi Menggunakan Polarimeter

Waktu (A)	Suhu (B)	jenis katalis (C)	kelompok		
			ul 1	ul 2	ul 3
0	110	C1 Tanpa Katalis	0	0	0
		C2 H-ZA	0	0	0
		C3 Sn-HZA	0	0	0
	120	C1 Tanpa Katalis	0	0	0
		C2 H-ZA	0	0	0
		C3 Sn-HZA	0	0	0
	130	C1 Tanpa Katalis	0	0	0
		C2 H-ZA	0	0	0
		C3 Sn-HZA	0	0	0
1	110	C1 Tanpa Katalis	1,44	1,44	1,44
		C2 H-ZA	7,18	7,18	5,75
		C3 Sn-HZA	2,87	2,87	4,31
	120	C1 Tanpa Katalis	1,44	1,44	1,44
		C2 H-ZA	5,75	7,18	7,18
		C3 Sn-HZA	8,62	10,06	12,93
	130	C1 Tanpa Katalis	1,44	1,44	1,44
		C2 H-ZA	7,18	10,06	10,06
		C3 Sn-HZA	8,62	10,06	17,24
2	110	C1 Tanpa Katalis	2,87	1,44	1,44
		C2 H-ZA	12,93	11,49	10,06
		C3 Sn-HZA	4,31	8,62	8,62
	120	C1 Tanpa Katalis	2,87	4,31	4,31
		C2 H-ZA	11,49	15,80	12,93
		C3 Sn-HZA	14,37	17,24	20,11
	130	C1 Tanpa Katalis	2,87	4,31	4,31
		C2 H-ZA	15,80	12,93	12,93
		C3 Sn-HZA	18,68	20,11	21,55
3	110	C1 Tanpa Katalis	2,87	2,87	2,87
		C2 H-ZA	14,37	15,80	11,49
		C3 Sn-HZA	8,62	14,37	14,37
	120	C1 Tanpa Katalis	4,31	4,31	4,31

Lanjutan Tabel 1

4	130	C2 H-ZA	14,37	18,68	15,80
		C3 Sn-HZA	18,68	21,55	22,99
		C1 Tanpa Katalis	5,75	5,75	5,75
	110	C2 H-ZA	17,24	15,80	15,80
		C3 Sn-HZA	24,43	25,86	25,86
		C1 Tanpa Katalis	2,87	2,87	2,87
	120	C2 H-ZA	17,24	17,24	15,80
		C3 Sn-HZA	17,24	20,11	20,11
		C1 Tanpa Katalis	5,75	4,31	5,75
	130	C2 H-ZA	17,24	20,11	18,68
		C3 Sn-HZA	24,43	25,86	27,30
		C1 Tanpa Katalis	5,75	5,75	5,75
Jumlah			380,74	415,19	419,52

Perhitungan Hasil Minitab 16

General Linear Model: Hasil versus Waktu, Suhu, Katalis

Factor	Type	Levels	Values
Waktu	fixed	5	0, 1, 2, 3, 4
Suhu	fixed	3	110, 120, 130
Katalis	fixed	3	1, 2, 3

Analysis of Variance for Hasil, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Waktu	4	4175.89	4175.89	1043.97	491.40	0.000
Suhu	2	391.84	391.84	195.92	92.22	0.000
Katalis	2	2805.75	2805.75	1402.87	660.33	0.000
Waktu*Suhu	8	118.61	118.61	14.83	6.98	0.000
Waktu*Katalis	8	1067.72	1067.72	133.46	62.82	0.000
Suhu*Katalis	4	239.92	239.92	59.98	28.23	0.000
Waktu*Suhu*Katalis	16	99.87	99.87	6.24	2.94	0.001
Error	90	191.20	191.20	2.12		
Total	134	9090.80				

S = 1.45757 R-Sq = 97.90% R-Sq(adj) = 96.87%

Interpretasi Ouput M-ANOVA

Jika nilai $p > 0,05$ tidak ada perbedaan yang signifikan

Jika nilai $p < 0,05$ ada perbedaan yang signifikan

Karena semua perlakuan memiliki nilai $p < 0,05$ maka dilanjutkan uji BNT

Semua perlakuan memiliki nilai F hitung $> F$ tabel sehingga dilanjutkan uji BNT

Unusual Observations for Hasil

Obs	Hasil	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
45	12.9300	10.5367	0.8415	2.3933	2.01 R
52	8.6200	11.9733	0.8415	-3.3533	-2.82 R
54	17.2400	11.9733	0.8415	5.2667	4.43 R
61	4.3100	7.1833	0.8415	-2.8733	-2.41 R
68	15.8000	13.4067	0.8415	2.3933	2.01 R
70	14.3700	17.2400	0.8415	-2.8700	-2.41 R
72	20.1100	17.2400	0.8415	2.8700	2.41 R
87	11.4900	13.8867	0.8415	-2.3967	-2.01 R
88	8.6200	12.4533	0.8415	-3.8333	-3.22 R
95	18.6800	16.2833	0.8415	2.3967	2.01 R
97	18.6800	21.0733	0.8415	-2.3933	-2.01 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

Waktu	N	Mean	Grouping
4	27	15.6970	A
3	27	13.1433	B
2	27	10.3222	C
1	27	5.8541	D
0	27	0.0000	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

Suhu	N	Mean	Grouping
130	45	10.6958	A
120	45	9.6422	B
110	45	6.6720	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

Katalis	N	Mean	Grouping
3	45	13.3776	A
2	45	10.9180	B
1	45	2.7144	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

Suhu	Katalis	N	Mean	Grouping
130	3	15	16.7620	A
120	3	15	14.9427	B
130	2	15	11.9713	C
120	2	15	11.0140	C D
110	2	15	9.7687	D E
110	3	15	8.4280	E
130	1	15	3.3540	F
120	1	15	2.9700	F
110	1	15	1.8193	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Interpretasi Ouput Tukey/BNT

1. Yang berada dalam grup yang sama artinya tidak berbeda nyata (tidak signifikan)
2. Yang berada dalam grup yang berbeda artinya berbeda nyata (signifikan) satu sama lain
3. Perlakuan terbaik adalah perlakuan dengan nilai mean terbesar

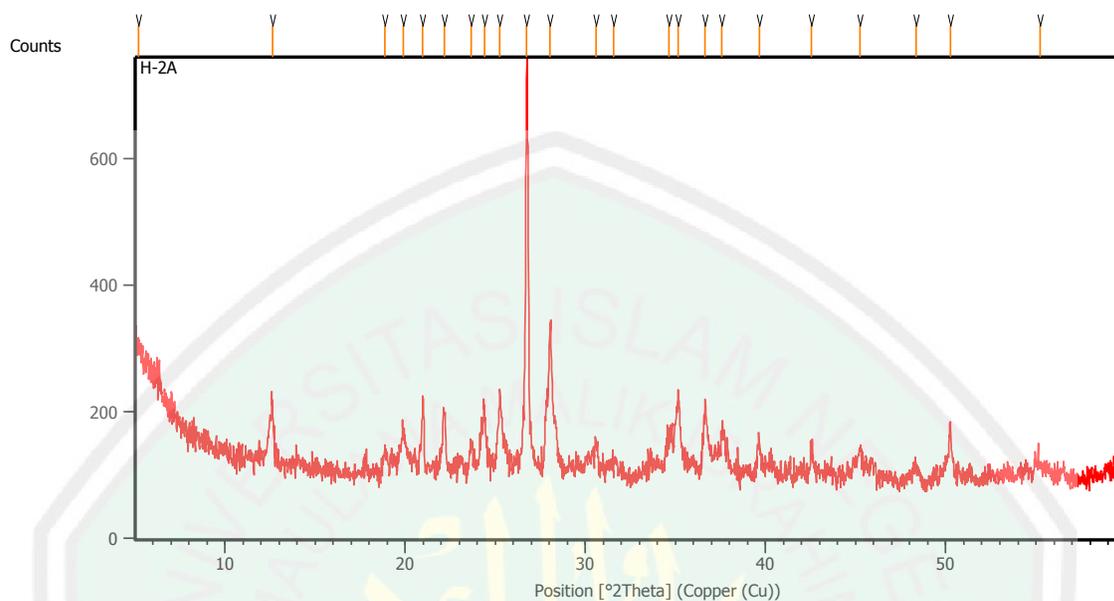
Lampiran 5. Data XRD

1. Data XRD H-ZA

Measurement Conditions

Dataset Name	H-ZA
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian thn 2014\Januari\Dwi Putri\H-ZA\H-ZA.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	1/23/2014 4:27:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [$^{\circ}$ 2Th.]	5.0084
End Position [$^{\circ}$ 2Th.]	59.9864
Step Size [$^{\circ}$ 2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [$^{\circ}$ 2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [$^{\circ}$]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [$^{\circ}$ C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [\AA]	1.54060
K-Alpha2 [\AA]	1.54443
K-Beta [\AA]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractionmeter Type	XPert MPD
Diffractionmeter Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No

Main Graphics, Analyze View



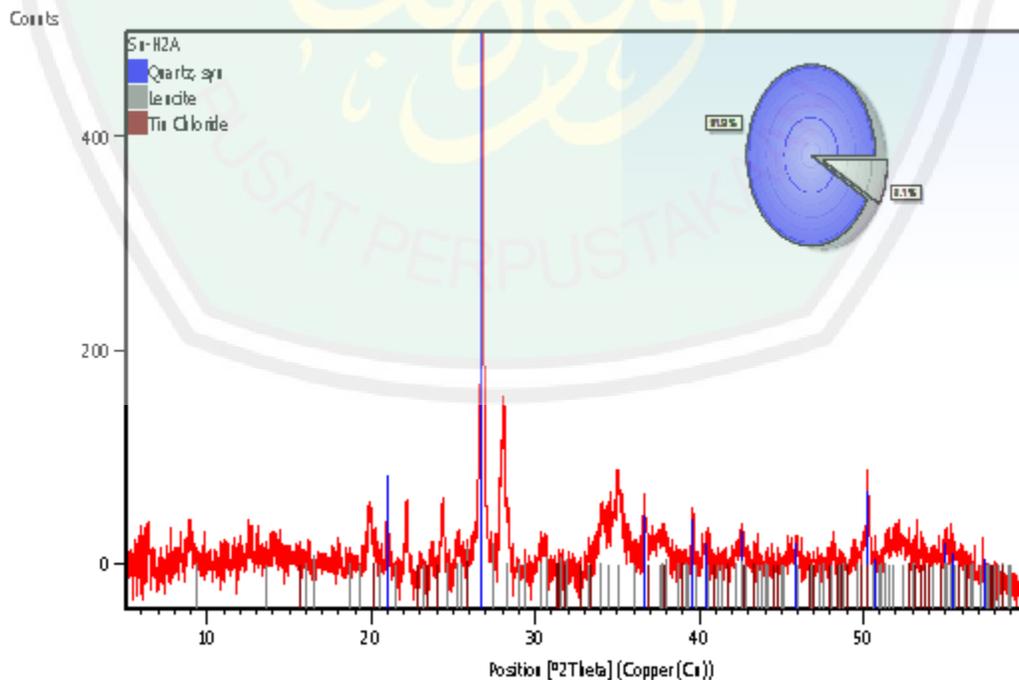
Peak List

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.1777	72.04	0.4015	17.06789	11.11
12.6449	82.28	0.1673	7.00063	12.68
18.8799	35.59	0.2007	4.70044	5.49
19.8948	67.76	0.2007	4.46290	10.44
20.9708	125.29	0.1171	4.23627	19.31
22.1681	99.95	0.1673	4.01010	15.41
23.6713	48.21	0.1673	3.75874	7.43
24.3882	107.48	0.1338	3.64986	16.57
25.2609	126.89	0.2007	3.52571	19.56
26.7406	648.71	0.1171	3.33387	100.00
28.0096	224.97	0.1171	3.18565	34.68
30.6056	49.25	0.1338	2.92110	7.59
31.5651	20.78	0.5353	2.83446	3.20
34.6332	58.78	0.2007	2.59007	9.06
35.1651	116.99	0.2676	2.55210	18.03
36.6451	118.00	0.1004	2.45235	18.19
37.5791	65.55	0.1673	2.39352	10.10
39.6321	43.45	0.1171	2.27414	6.70
42.5534	45.67	0.1004	2.12454	7.04
45.2391	44.74	0.2007	2.00446	6.90
48.3690	24.35	0.3346	1.88182	3.75
50.2414	90.19	0.1004	1.81599	13.90
55.2294	19.06	0.8029	1.66321	2.94

2. Data XRD Sn-HZA

Data set Name: Sn-HZA
 File name: E:\DATA PENGUJIAN\Analisa\Mohammad Yusuf\Sn-HZA\Sn-HZA.xrdml
 Comment: Configuration=Reflection-Transmission Spinner, Owner=User-1, Creation date=12/2/2011 8:19:55 AM Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001 Sample stage=Reflection-Transmission Spinner PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
 Measurement program=C:\PANalytical\Data Collector\Programs\scan 10-90.xrdmp, Identifier={256CD602-81A9 4600-B3D4-05BE88656069}
 Measurement Date / Time:1/23/2014 4:37:11 PM
 Operator: Institut Teknologi
 Raw Data Origin: XRD measurement (*.XRDML)
 Scan Axis: Gonio
 Start Position [$^{\circ}2\text{Th.}$]: 5.0084
 End Position [$^{\circ}2\text{Th.}$]: 59.9864
 Step Size [$^{\circ}2\text{Th.}$]: 0.0170
 Scan Step Time [s]: 10.1600
 Scan Type: Continuous
 PSD Mode: Scanning
 PSD Length [$^{\circ}2\text{Th.}$]: 2.12
 Specimen Length [mm]: 10.00
 Measurement Temperature [$^{\circ}\text{C}$]: 25.00
 Anode Material: Cu
 K-Alpha1 [\AA]: 1.54060
 K-Alpha2 [\AA]: 1.54443
 K-Beta [\AA]: 1.39225
 K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000
 Generator Settings: 30 mA, 40 kV
 Diffractometer Type: 0000000011119014
 Diffractometer Number: 0
 Goniometer Radius [mm]: 240.00
 Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 100.00

GRAPHICS



Peak List

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHMLeft [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
	5.2245	0.79	0.2007	
16.91516	0.16			
5.3499	12.01	0.0502	16.51894	
2.41				
3.	5.6506	17.75	0.0335	
15.64062	3.56			
4.	5.8599	10.07	0.0669	
15.08246	2.02			
5.	6.1612	5.72	0.0335	
14.34560	1.15			
6.	6.2517	35.12	0.0335	
14.13795	7.04			
7.	6.3483	37.61	0.0335	
13.92310	7.54			
8.	6.6615	9.98	0.0502	
13.26924	2.00			
9.	7.1374	15.02	0.0502	
12.38548	3.01			
10.	7.8370	17.47	0.0502	
11.28140	3.50			
11.	7.9629	8.86	0.0335	
11.10322	1.78			
12.	8.0659	7.73	0.0335	
10.96164	1.55			
13.	8.2050	4.27	0.0669	
10.77620	0.86			
14.	8.4035	22.36	0.0502	
10.52206	4.48			
15.	8.6011	23.37	0.0335	
10.28076	4.69			
16.	8.9967	24.96	0.1338	
9.82952	5.01			
17.	9.8299	5.75	0.2007	
8.99816	1.15			
18.	10.1418	12.35	0.0669	
8.72216	2.48			
19.	10.5494	0.00	0.0669	
8.38606	0.00			
20.	11.0937	14.25	0.0502	
7.97580	2.86			
21.	11.6489	22.71	0.1004	
7.59689	4.55			
22.	12.0792	7.60	0.0502	
7.32719	1.52			
23.	12.1877	17.97	0.0502	
7.26221	3.60			
24.	12.3279	11.05	0.0502	
7.17994	2.22			
25.	12.5679	36.86	0.0502	
7.04336	7.39			
26.	12.8144	16.76	0.0502	
6.90843	3.36			
27.	12.9976	25.42	0.0502	
6.81146	5.10			

28.		13.3198	19.90	0.0502
6.64742		3.99		
29.		13.5229	16.13	0.0335
6.54802		3.24		
30.		14.0965	16.85	0.1004
6.28283		3.38		
31.		14.2362	13.79	0.0335
6.22151		2.77		
32.		14.3383	22.97	0.0335
6.17744		4.61		
33.		14.4923	22.39	0.0502
6.11211		4.49		
34.		14.6620	10.98	0.0502
6.04177		2.20		
35.		15.6524	9.79	0.0502
5.66164		1.96		
36.		16.2403	16.73	0.0502
5.45798		3.36		
37.		17.0578	5.95	0.0669
5.19822		1.19		
38.		18.0563	8.62	0.1004
4.91294		1.73		
39.		18.8661	8.49	0.0669
4.70384		1.70		
40.		19.3947	18.15	0.0502
4.57681		3.64		
41.		19.8706	43.81	0.1673
4.46827		8.79		
42.		20.2526	28.24	0.0335
4.38484		5.66		
43.		20.3926	15.96	0.0836
4.35506		3.20		
44.		21.0283	63.67	0.1004
4.22481		12.77		
45.		22.1763	55.61	0.1004
4.00864		11.15		
46.		23.0541	3.23	0.1004
3.85796		0.65		
47.		23.7610	21.17	0.0502
3.74475		4.24		
48.		24.3023	37.82	0.1171
3.66256		7.59		
49.		25.1863	23.76	0.0669
3.53598		4.76		
50.		25.4257	32.86	0.0335
3.50322		6.59		

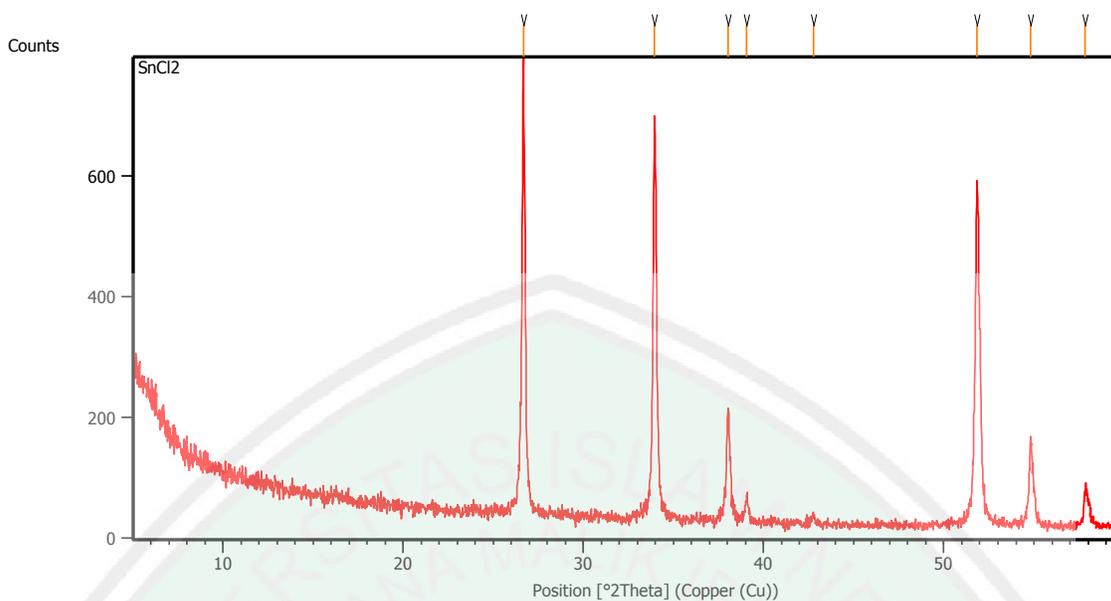
Pattern List

Visible	Ref.Code	Score	Compound Name	Displ. [°2Th]
Scale Fac.	Chem. Formula			
51.	*		00-046-1045	41 Silicon Oxide
0.106	0.855	Si O2		
52.	*		01-081-2223	9 Potassium
Aluminum..	-0.018	0.034	K (Al Si2 O6)	
53.	*		01-086-1131	4 Tin Chloride
0.032	0.005	Sn Cl2		

3. Data XRD SnCl₂

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	SnCl2
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian thn 2014\Januari\Dwi Putri W.P\SnCl2\SnCl2.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	1/23/2014 4:45:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	59.9864
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffraction Type	XPert MPD
Diffraction Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26.6680	754.64	0.1004	3.34279	100.00
33.9453	667.60	0.1338	2.64096	88.47
38.0175	184.60	0.1506	2.36692	24.46
39.0651	46.08	0.1673	2.30583	6.11
42.7584	11.04	0.4015	2.11483	1.46
51.8395	563.09	0.1673	1.76371	74.62
54.8121	139.12	0.2342	1.67488	18.44
57.8473	59.34	0.1673	1.59402	7.86

Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name = SnCl2.rd
- Modification time = "1/27/2014 11:50:50 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "1/27/2014 11:50:50 AM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.01"
- Maximum tip width = "1"

Lampiran 6. Data SEM

Microanalysis Report

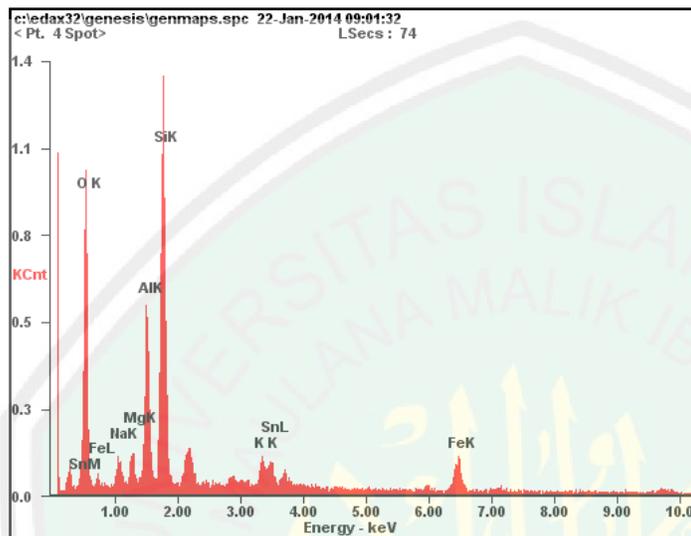
Prepared for: *Dwi Putri W.P. – Kimia UIN*

Prepared by: *Laboratorium Sentral FMIPA UM*

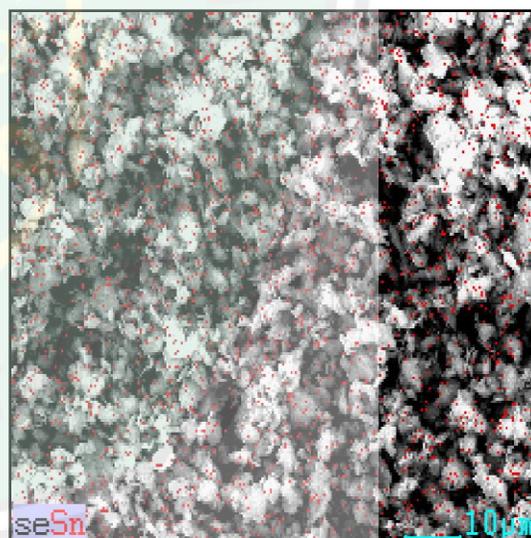
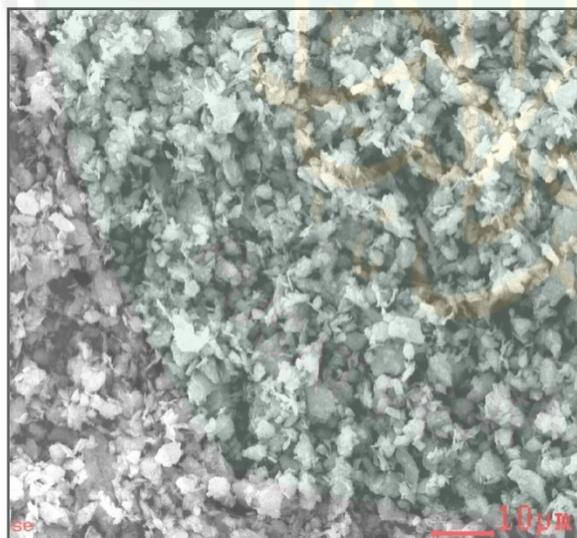
EDAX^{TSL}
advanced microanalysis solutions

AMETEK

1/22/2014



Element	Wt%	At%
<i>OK</i>	42.22	59.74
<i>NaK</i>	02.98	02.93
<i>MgK</i>	02.34	02.18
<i>AlK</i>	11.90	09.98
<i>SiK</i>	24.09	19.42
<i>KK</i>	02.04	01.18
<i>SnL</i>	05.97	01.14
<i>FeK</i>	08.46	03.43
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



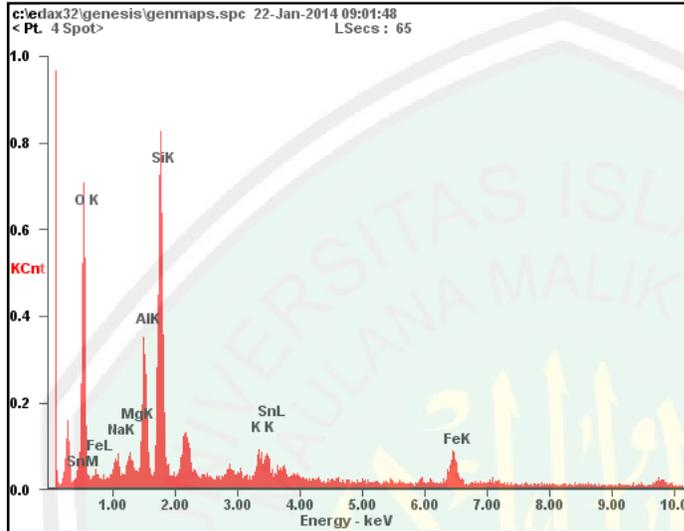
Lampiran 6. Data SEM

Microanalysis Report

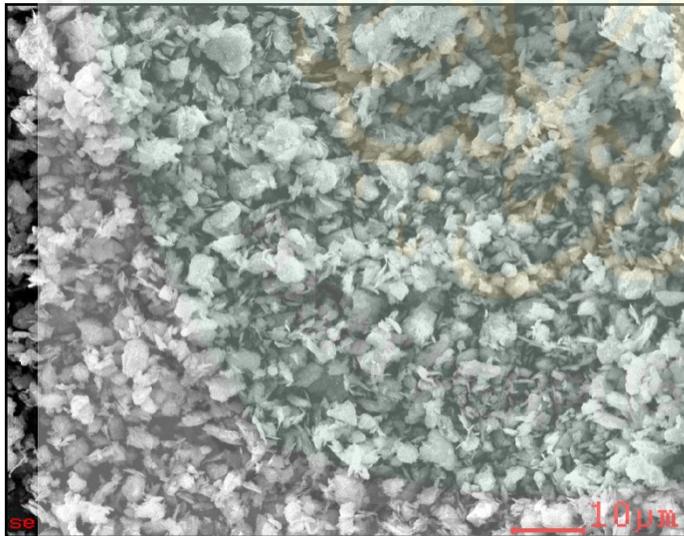
Prepared for: *Dwi Putri W.P. – Kimia UIN*

Prepared by: *Laboratorium Sentral FMIPA UM*

1/22/2014

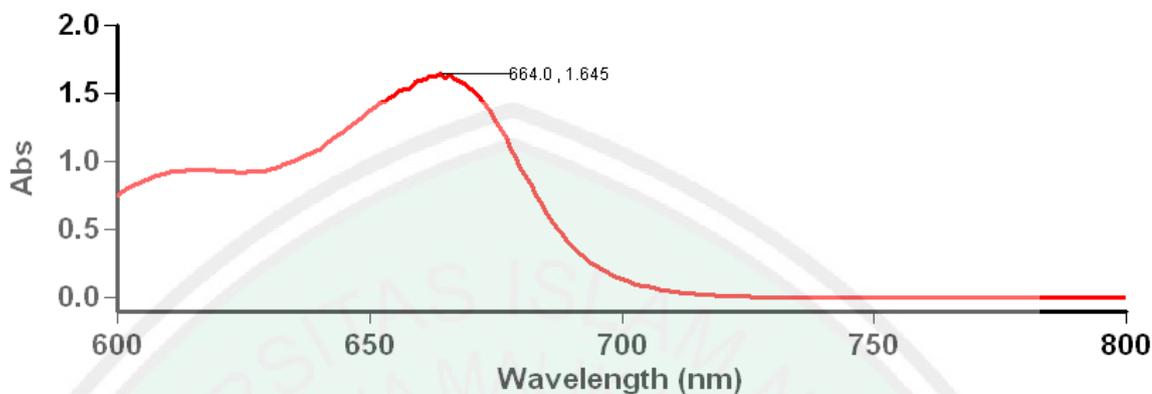


<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	42.83	60.99
<i>NaK</i>	02.78	02.76
<i>MgK</i>	02.19	02.05
<i>AlK</i>	10.63	08.97
<i>SiK</i>	23.18	18.80
<i>KK</i>	02.44	01.42
<i>SnL</i>	06.94	01.33
<i>FeK</i>	09.01	03.68
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Lamdha Maksimum Methylene Blue

Tanggal Analisa : 28 Januari 2014



Scan Analysis Report

Report Time : Tue 28 Jan 2014
 Method:
 Batch: D:\Dwi Putri Woro\Lamdha Maksimum Methylene Blue (28-01-2014).DSW
 Software version: 3.00 (339)
 Operator: Rika

Sample Name: Methylene Blue

Collection Time 1/28/2014 8:46:05 AM

Peak Table
 Peak Style Peaks
 Peak Threshold 0.0100
 Range 800.0nm to 600.0nm

Wavelength (nm)	Abs
665.9	1.633
664.0	1.645
614.0	0.937

Absorbansi Waktu Kestabilan Methylene Blue

Tanggal Analisa : 28 Januari 2014

Advanced Reads Report

Report time 1/28/2014
 Method
 Batch name D:\Dwi Putri Woro\Absorbansi Waktu Kestabilan Methylene Blue 8 ppm (28-01-2014).BAB
 Application Advanced Reads 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 664.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.0980)	664.0

Analysis

Collection time 1/28/2014 8:52:03 PM

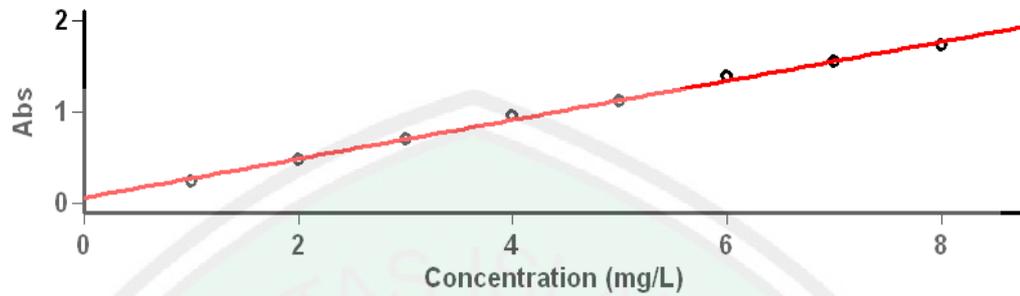
Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
10 menit					1.6634 1.6759 1.6791
		1.6728	0.0083	0.50	
20 menit					1.6407 1.6312 1.6168
		1.6296	0.0120	0.74	
30 menit					1.6200 1.5998 1.6321
		1.6173	0.0163	1.01	
40 menit					1.6076 1.6029 1.6229
		1.6111	0.0104	0.65	
50 menit					1.5966 1.5884 1.6159
		1.6003	0.0142	0.88	
60 menit					1.5516 1.5556 1.5608
		1.5560	0.0046	0.30	
70 menit					1.5480 1.5561 1.5537
		1.5526	0.0042	0.27	
80 menit					1.5562 1.5549 1.5618
		1.5577	0.0037	0.24	
90 menit					1.5760 1.5569 1.5429
		1.5586	0.0166	1.06	

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Kurva Standar Methylene Blue

Tanggal Analisa : 28 Januari 2014



Concentration Analysis Report

Report time 1/28/2014
 Method
 Batch name D:\Dwi Putri Woro\Kurva Standar Methylene Blue-ulang (28-01-2014).BCN
 Application Concentration 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 664.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Standard/Sample averaging OFF
 Weight and volume corrections OFF
 Fit type Linear
 Min R² 0.95000
 Concentration units mg/L

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1029)	664.0

Calibration

Collection time 1/28/2014

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1	1.0		0.2452	0.0010	0.43	0.2464
						0.2445
						0.2447
Std 2	2.0		0.4793	0.0016	0.34	0.4808
						0.4795
						0.4776
Std 3	3.0		0.7089	0.0010	0.14	0.7093
						0.7078
						0.7096

Std 4					0.9487
					0.9516
	4.0	0.9542	0.0072	0.75	0.9624
Std 5					1.1149
					1.1186
	5.0	1.1184	0.0033	0.30	1.1216
Std 6					1.3734
					1.3712
	6.0	1.3828	0.0183	1.32	1.4039
Std 7					1.5474
					1.5596
	7.0	1.5530	0.0062	0.40	1.5519
Std 8					1.7291
					1.7354
	8.0	1.7320	0.0032	0.18	1.7313
Calibration eqn	Abs = 0.21383*Conc +0.05948				
Correlation Coefficient	0.99705				
Calibration time	1/28/2014				

Results Flags Legend

U = Uncalibrated
 N = Not used in calibration
 O = Overage
 R = Repeat reading

Absorbansi MB Kesetimbangan Adsorpsi ZA

Tanggal Analisa : 29 Januari 2014

Advanced Reads Report

Report time 1/29/2014
 Method
 Batch name D:\Dwi Putri Woro\Absorbansi MB Kesetimbangan Adsorpsi ZA (29-01-2014).BAB
 Application Advanced Reads 3.00(339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 664.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.0909)	664.0

Analysis

Collection time 1/29/2014

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
10 menit					3.1566 2.6476 2.7905
		2.8649	0.2625	9.16	
20 menit					2.7166 2.7748 2.5877
		2.7144	0.1071	3.95	
30 menit					2.8217 2.4739 2.6830
		2.6596	0.1751	6.58	
40 menit					2.1268 2.0943 2.1311
		2.1174	0.0201	0.95	
50 menit					2.3526 2.4166 2.7405
		2.5032	0.2080	8.31	
60 menit					2.5159 2.6277 2.6382
		2.7286	0.0356	2.12	
70 menit					3.1643 2.4219 2.5855
		2.7415	0.3818	13.93	
80 menit					2.7580 2.7388 2.6889
		2.7286	0.0356	1.31	
90 menit					2.4418 2.5401 2.6051
		2.5290	0.0822	3.25	

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Absorbansi MB Kesetimbangan Adsorpsi H-ZA

Tanggal Analisa : 29 Januari 2014

Advanced Reads Report

Report time 1/29/2014
 Method
 Batch name D:\Dwi Putri Woro\Absorbansi MB Kesetimbangan Adsorpsi H-ZA (29-01-2014).BAB
 Application Advanced Reads 3.00(339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 664.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.0855)	664.0

Analysis

Collection time 1/29/2014

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
10 menit					0.1527
					0.1535
					0.1540
	0.1534	0.0006	0.41		
20 menit					0.1371
					0.1388
					0.1382
	0.1380	0.0008	0.61		
30 menit					0.1283
					0.1307
					0.1372
	0.1321	0.0046	3.49		
40 menit					0.1867
					0.1839
					0.1847
	0.1851	0.0014	0.76		
50 menit					0.1775
					0.1769
					0.1765
	0.1770	0.0005	0.28		
60 menit					0.1335
					0.1331
					0.1330
	0.1332	0.0003	0.20		
70 menit					0.1229
					0.1227
					0.1221
	0.1226	0.0004	0.32		

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Absorbansi MB Kesetimbangan Adsorpsi Sn-HZA

Tanggal Analisa : 29 Januari 2014

Advanced Reads Report

Report time 1/29/2014
 Method
 Batch name D:\Dwi Putri Woro\Absorbansi MB Kesetimbangan Adsorpsi SnCl₂-HZA (29-01-2014).BAB
 Application Advanced Reads 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 664.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.0850)	664.0

Analysis

Collection time 1/29/2014

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
10 menit					0.2840
					0.2851
		0.2855	0.0018	0.62	0.2874
20 menit					0.1902
					0.1898
		0.1904	0.0007	0.36	0.1911
30 menit					0.1503
					0.1503
		0.1502	0.0002	0.16	0.1499
40 menit					0.1616
					0.1605
		0.1607	0.0009	0.56	0.1599
50 menit					0.1406
					0.1411
		0.1409	0.0002	0.18	0.1408
60 menit					0.1081
					0.1087
		0.1089	0.0009	0.84	0.1099
70 menit					0.1282
					0.1276
		0.1279	0.0003	0.24	0.1277

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Lampiran 8. Data HPLC

1. Glukosa Standar

Area % Report

Page 1 of 1

Data File: D:\DATA ANALISA HPLC\KOLOM AMINEX HPX 87 C\periode baru\sampel
 UIN\glukosa 1%-2.dat
 Method: C:\Chromgate\Enterprise\Projects\Default\Method\2014\aminex HPX 87 C\Analisa gula.met

Acquired: 18/02/2014 9:14:21
 Printed: 18/02/2014 11:21:35



Detector S2300 Results

Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
9,267	144956856	100,00	2979036	100,00
Totals	144956856	100,00	2979036	100,00

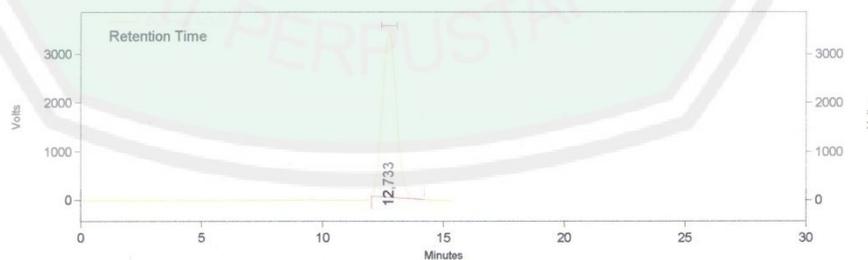
2. Fruktosa Standar

Area % Report

Page 1 of 1

Data File: D:\DATA ANALISA HPLC\KOLOM AMINEX HPX 87 C\periode baru\sampel
 UIN\fruktosa 1%-2.dat
 Method: C:\Chromgate\Enterprise\Projects\Default\Method\2014\aminex HPX 87 C\Analisa gula.met

Acquired: 18/02/2014 9:53:19
 Printed: 18/02/2014 11:18:27



Detector S2300 Results

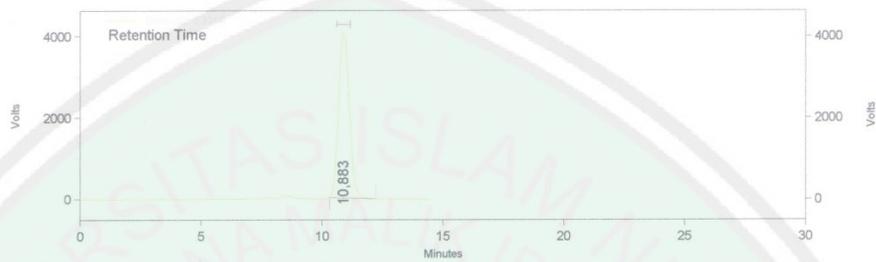
Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
12,733	136049132	100,00	3369212	100,00
Totals	136049132	100,00	3369212	100,00

3. Manosa Standar

Page 1 of 1

Area % Report

Data File: D:\DATA ANALISA HPLC\KOLOM AMINEX HPX 87 C\periode baru\sampel
 UIN\manosa 1%.dat
 Method: C:\Chromgate\Enterprise\Projects\Default\Method\2014\aminex HPX 87 C\Analisa gula.met
 Acquired: 19/02/2014 10:24:03
 Printed: 19/02/2014 14:52:54



Detector S2300 Results

Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
10,883	126639227	100,00	4082922	100,00
Totals	126639227	100,00	4082922	100,00

4. H-ZA 130/240 (112)

Area % Report

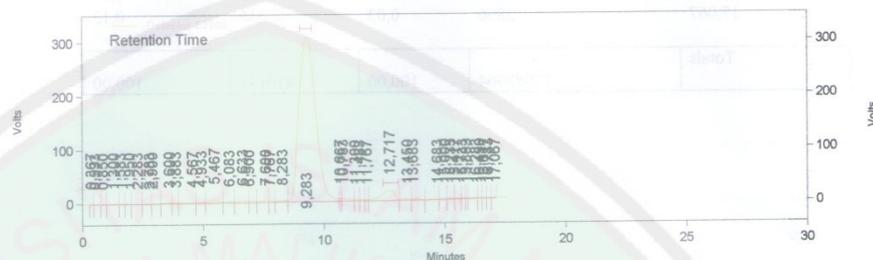
Data File: D:\DATA ANALISA HPLC\KOLOM AMINEX HPX 87 C\periode baru\sampel UIN\sample

0112.dat

Method: C:\Chromgate\Enterprise\Projects\Default\Method\2014\aminex HPX 87 C\Analisa gula.met

Acquired: 18/02/2014 15:02:04

Printed: 19/02/2014 13:49:07



Detector S2300

Results

Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
0,367	3508	0,02	811	0,19
0,533	3219	0,02	446	0,11
0,850	5169	0,03	721	0,17
1,300	11589	0,07	708	0,17
1,583	5605	0,03	663	0,16
1,950	6505	0,04	580	0,14
2,283	8660	0,05	692	0,17
2,783	14616	0,09	969	0,23
2,900	20678	0,12	1177	0,28
3,600	32960	0,19	1633	0,39
3,883	24472	0,14	1903	0,45
4,567	90600	0,53	2596	0,62
4,933	59389	0,35	2903	0,69
5,467	173304	1,01	7468	1,78
6,083	86107	0,50	3482	0,83
6,633	118994	0,70	4187	1,00
6,900	51771	0,30	3141	0,75
7,600	84487	0,49	3531	0,84
7,767	40747	0,24	2931	0,70
8,283	85380	0,50	3401	0,81
9,283	14691209	85,99	309748	73,91
10,667	28489	0,17	4963	1,18
10,783	132804	0,78	4823	1,15
11,300	43288	0,25	3463	0,83
11,483	40892	0,24	3281	0,78
11,767	27575	0,16	3256	0,78
12,717	753616	4,41	20014	4,78
13,450	90718	0,53	3610	0,86
13,683	81506	0,48	3756	0,90
14,683	58952	0,35	2370	0,57
15,000	47522	0,28	2760	0,66
15,233	42933	0,25	2490	0,59
15,417	31632	0,19	2201	0,53
15,733	16533	0,10	1960	0,47
15,883	8324	0,05	1472	0,35
16,283	28677	0,17	1423	0,34
16,450	11192	0,07	1178	0,28
16,617	9235	0,05	1262	0,30
16,783	5251	0,03	625	0,15
17,067	5856	0,03	515	0,12

Totals	17083964	100,00	419113	100,00
--------	----------	--------	--------	--------

5. Sn-HZA 120/240 (113)

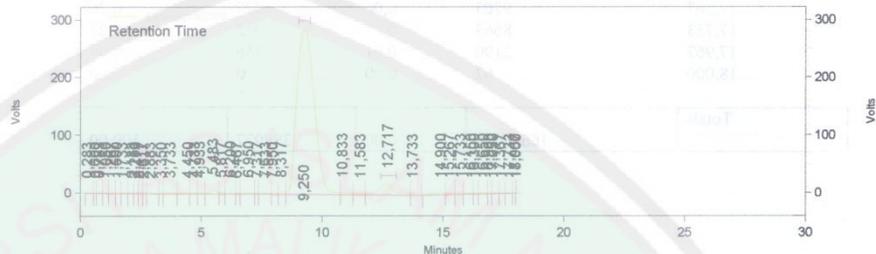
Area % Report

Data File: D:\DATA ANALISA HPLC\KOLOM AMINEX HPX 87 C\periode baru\sampel UIN\sample 0113.dat

Method: C:\Chromgate\Enterprise\Projects\Default\Method\2014\aminex HPX 87 C\Analisa gula.met

Acquired: 18/02/2014 10:11:39

Printed: 19/02/2014 13:54:48



Detector S2300 Results

Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
0,283	4398	0,03	440	0,11
0,600	1239	0,01	404	0,10
0,783	7440	0,04	692	0,18
1,050	7965	0,05	892	0,23
1,267	8672	0,05	737	0,19
1,500	4627	0,03	667	0,17
1,733	6922	0,04	660	0,17
2,133	9074	0,05	1083	0,28
2,250	8404	0,05	1214	0,31
2,417	5415	0,03	827	0,21
2,617	5551	0,03	913	0,23
2,883	12850	0,08	684	0,18
3,350	7149	0,04	931	0,24
3,733	35734	0,21	1292	0,33
4,450	43686	0,26	1881	0,48
4,733	37532	0,22	2152	0,55
4,933	34170	0,20	2379	0,61
5,483	151459	0,91	8024	2,06
5,817	38071	0,23	2911	0,75
6,200	73130	0,44	3581	0,92
6,467	23181	0,14	2271	0,58
6,950	101659	0,61	3552	0,91
7,317	19142	0,11	2456	0,63
7,633	76238	0,46	2762	0,71
7,950	29309	0,18	2140	0,55
8,317	51519	0,31	3140	0,81
9,250	14339434	85,93	288677	74,21
10,833	103727	0,62	4143	1,07
11,583	78076	0,47	2887	0,74
12,717	896501	5,37	20622	5,30
13,733	54355	0,33	3389	0,87
14,900	133291	0,80	3218	0,83
15,267	65416	0,39	2984	0,77
15,733	49677	0,30	2941	0,76
16,150	49316	0,30	2140	0,55
16,300	22460	0,13	1992	0,51
16,650	37962	0,23	2037	0,52
16,900	13882	0,08	1553	0,40
17,050	18757	0,11	1372	0,35
17,367	9763	0,06	1029	0,26
17,733	8663	0,05	952	0,24
17,967	2190	0,01	356	0,09
18,000	62	0,00	0	0,00

Totals	16688068	100,00	388977	100,00
--------	----------	--------	--------	--------

6. Sn-HZA 130/180

Area % Report

Data File: D:\DATA ANALISA HPLC\KOLOM AMINEX HPX 87 C\periode baru\sampel UIN\sample
 0114.dat
 Method: C:\Chromgate\Enterprise\Projects\Default\Method\2014\aminex HPX 87 C\Analisa gula.met
 Acquired: 18/02/2014 15:21:54
 Printed: 19/02/2014 13:59:15



Detector S2300

Results

Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
0,650	9998	0,06	872	0,20
0,967	10893	0,06	735	0,17
1,233	4488	0,03	491	0,11
1,800	40923	0,24	1749	0,41
2,017	8394	0,05	1366	0,32
2,267	18483	0,11	1822	0,42
2,483	23572	0,14	1753	0,41
2,633	11450	0,07	1784	0,41
3,033	57324	0,34	2640	0,61
3,167	23923	0,14	2282	0,53
3,383	16093	0,09	1956	0,45
3,667	30814	0,18	2466	0,57
3,767	19907	0,12	2604	0,61
3,933	16919	0,10	2417	0,56
4,133	21718	0,13	2431	0,56
4,300	24353	0,14	2426	0,56
4,767	75275	0,44	3115	0,72
4,933	40923	0,24	3205	0,74
5,383	170544	1,01	5879	1,37
5,983	102332	0,60	4277	0,99
6,550	108634	0,64	4144	0,96
7,183	101106	0,60	3655	0,85
7,550	79111	0,47	3831	0,89
7,717	26708	0,16	3561	0,83
7,900	37156	0,22	3326	0,77
8,150	36822	0,22	3280	0,76
8,417	70709	0,42	3987	0,93
9,283	14625549	86,29	307343	71,41
10,767	139081	0,82	5133	1,19
11,067	80995	0,48	4446	1,03
11,400	57136	0,34	3887	0,90
11,767	47541	0,28	3931	0,91
11,933	51279	0,30	3855	0,90
12,667	558863	3,30	16262	3,78
13,500	83934	0,50	3550	0,82
13,667	36162	0,21	3512	0,82
13,850	34471	0,20	3401	0,79
14,633	33317	0,20	1376	0,32
14,783	10255	0,06	1246	0,29
14,967	2812	0,02	387	0,09

Totals	16949967	100,00	430383	100,00
--------	----------	--------	--------	--------

7. Sn-HZA 130/240

Area % Report

Data File: D:\DATA ANALISA HPLC\KOLOM AMINEX HPX 87 C\periode baru\sampel UIN\sample
 0115.dat
 Method: C:\Chromgate\Enterprise\Projects\Default\Method\2014\aminex HPX 87 C\Analisa gula.met
 Acquired: 19/02/2014 10:03:43
 Printed: 19/02/2014 14:05:38

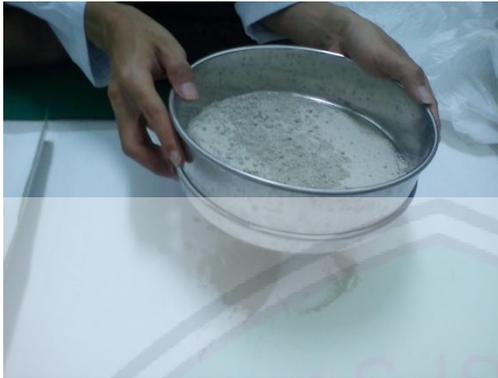


Detector S2300
 Results

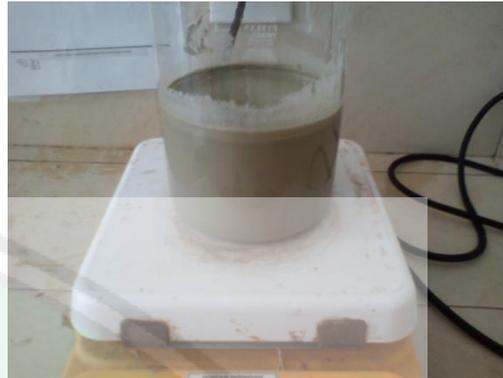
Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
0,300	6920	0,05	820	0,22
0,550	6598	0,04	830	0,23
0,783	8835	0,06	937	0,26
1,000	3345	0,02	538	0,15
1,367	7085	0,05	735	0,20
1,600	4910	0,03	705	0,19
1,967	10000	0,07	831	0,23
2,083	4270	0,03	710	0,19
2,317	7744	0,05	682	0,19
2,750	2706	0,02	462	0,13
3,267	10535	0,07	865	0,24
3,533	14964	0,10	908	0,25
4,817	89816	0,61	1784	0,49
5,450	134180	0,91	6120	1,68
5,767	14769	0,10	1602	0,44
6,650	122996	0,83	2899	0,80
7,317	13522	0,09	1147	0,31
7,533	22623	0,15	1674	0,46
7,717	7495	0,05	1155	0,32
7,967	12388	0,08	1129	0,31
8,350	24340	0,16	1284	0,35
9,267	13195676	89,08	281238	77,14
10,550	10102	0,07	1573	0,43
10,767	37037	0,25	2080	0,57
11,083	7404	0,05	889	0,24
11,583	12931	0,09	936	0,26
11,817	15684	0,11	1745	0,48
12,700	438406	2,96	13058	3,58
13,650	106227	0,72	3734	1,02
13,750	62627	0,42	3542	0,97
14,450	40950	0,28	2935	0,81
14,917	93227	0,63	3271	0,90
15,117	31061	0,21	2925	0,80
15,417	58263	0,39	2750	0,75
15,733	21209	0,14	2290	0,63
15,967	19015	0,13	1992	0,55
16,067	14786	0,10	1860	0,51
16,333	15029	0,10	1483	0,41
16,467	11829	0,08	1327	0,36
16,767	21035	0,14	1517	0,42
16,883	9708	0,07	1219	0,33
17,317	28027	0,19	1432	0,39
17,567	15800	0,11	1115	0,31
17,717	3494	0,02	694	0,19
18,183	11977	0,08	712	0,20
18,383	1093	0,01	439	0,12
Totals	14812638	100,00	364573	100,00

Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian

1. Preparasi



Gambar 1. Pengayakan Zeolit Alam Malang

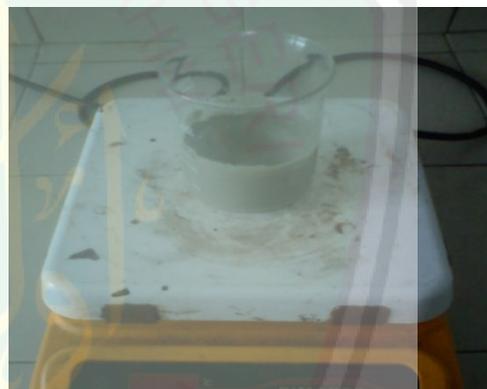


Gambar 2. Pengadukan Zeolit Alam

2. Modifikasi



Gambar 3. Logam Sn



Gambar 4. Proses Impregnasi



Gambar 5. Sampel setelah Hidrotermal



Gambar 6. Sampel Setelah Hidrotermal



Gambar 7. Sampel Sebelum Kalsinasi



Gambar 8. Sampel Sebelum Kalsinasi

3. Analisis Keasaman



Gambar 9. Analisis Keasaman ZA



Gambar 10. Analisis Keasaman H-ZA



Gambar 11. Analisis Keasaman Sn-HZA

4. Analisis Luas Permukaan



Gambar 12. Metylen Blue Standar 1-8 ppm



Gambar 13. Spektrofotometer UV-VIS



Gambar 14. Alat Shaker



Gambar 15. Filtrat Hasil ZA



Gambar 16. Filtrat Hasil Sn-HZA



Gambar 17. Filtrat Hasil H-ZA

5. Analisis HPLC



Gambar 18. Alat HPLC di P3GI



Gambar 19. Injektor pada HPLC

6. Isomerisasi Glukosa



Gambar 20. Rangkaian Alat Isomerisasi



Gambar 21. Larutan Glukosa dan Sn-HZA sebelum Isomerisasi



Gambar 22. Hasil Isomerisasi Sebelum Sentrifugasi



Gambar 23. Hasil Isomerisasi Glukosa setelah Sentrifugasi