

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN VITAMIN C YANG DIEMBANKAN
PADA ZEOLIT ALAM SEBAGAI SISTEM PENGHANTAR OBAT (*DRUG
DELIVERY SYSTEM*) DENGAN METODE DPPH**

SKRIPSI

**Oleh:
ARNI AMILLENIA RAHMADANI
NIM. 17630072**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN VITAMIN C YANG DIEMBANKAN
PADA ZEOLIT ALAM SEBAGAI SISTEM PENGHANTAR OBAT (*DRUG
DELIVERY SYSTEM*) DENGAN METODE DPPH**

SKRIPSI

**Oleh:
ARNI AMILLENIA RAHMADANI
NIM. 17630072**

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

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN VITAMIN C YANG DIEMBANKAN
PADA ZEOLIT ALAM SEBAGAI SISTEM PENGHANTAR OBAT (*DRUG
DELIVERY SYSTEM*) DENGAN METODE DPPH**

SKRIPSI

Oleh:
ARNI AMILLENIA RAHMADANI
NIM. 17630072

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 09 Juni 2022

Pembimbing I


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

Pembimbing II


Nur Aini, M.Si
NIP. 19840608 201903 2 009

Mengetahui,
Ketua Program Studi


Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN VITAMIN C YANG DIEMBANKAN
PADA ZEOLIT ALAM SEBAGAI SISTEM PENGHANTAR OBAT (*DRUG
DELIVERY SYSTEM*) DENGAN METODE DPPH**

SKRIPSI

Oleh:
ARNI AMILLENIA RAHMADANI
NIM. 17630072

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 09 Juni 2022

Ketua Penguji : Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821104 200901 2 007

Anggota Penguji I : Armeida Dwi R. M., M.Si
NIP. 19890527 201903 2 016

Anggota Penguji II : Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

Anggota Penguji III : Nur Aini, M.Si
NIP. 19840608 201903 2 009

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811200801 2 010

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arni Amillenia Rahmadani
NIM : 17630072
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin C yang Diembankan pada Zeolit Alam sebagai Sistem Penghantar Obat (*Drug Delivery System*) dengan Metode DPPH

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang ditulis ini adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengembalian data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 09 Juni 2022
Yang membuat pernyataan,



Arni Amillenia Rahmadani
NIM. 17630072

PERSEMBAHAN

Yang Utama Dari Segalanya

Puji syukur yang tak terhingga kepada Sang Pencipta alam semesta ini yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Allah Swt. atas limpahan rahmat, hidayah dan nikmat yang diberikan kepada penulis sehingga karya sederhana ini dapat diselesaikan dengan lancar. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada keluarga tercinta sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga. Untuk **Ayahanda (alm) Budi Haryono** yang telah memberi kasih sayang, segala dukungan dan motivasi kepada penulis di setiap langkah menuju kesuksesan, meskipun tidak bisa mendampingi penulis hingga akhir, ucapan terima kasih sebesar-besarnya selalu terlimpahkan kepada Ayah. Untuk **Ibunda Sri Utami**, terima kasih yang tiada terhingga atas segala kasih sayang, dukungan, kesabaran dan segala doa yang terbaik sehingga penulis mampu menyelesaikan karya sederhana ini dengan lancar.

Untuk kakak-kakakku **(alm) Niar Aditya dan Inar Dedlin Febrianggi**. Penulis ucapkan terima kasih atas motivasi, nasihat, saran dan segala dukungan yang diberikan meskipun Mas Niar tidak bisa menemani hingga akhir titik ini. Untuk adikku **Rian Afintra Dinasta**, terima kasih telah menemani penulis dengan canda dan tawa.

Untuk seluruh dosen kimia, khususnya kepada **Bu Elok Kamilah Hayati** selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, dukungan, nasihat serta saran.

Kepada **Bu Rachmawati Ningsih** selaku dosen wali yang telah memberikan semangat, nasihat dan motivasi. Kepada **Bu Susi Nurul Khalifah** selaku konsultan yang telah sabar membantu penulis menyelesaikan karya ini. Kepada **Bu Nur Aini** selaku pembimbing agama. Kepada **Bu Suci Amalia** dan **Bu Armeida Dwi Ridhowati Madjid** selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang mendukung.

Untuk orang-orang baik yang Allah Swt. hadirkan dalam hidup penulis, **Sakinatul Aulia, Agnes Febria Sandi, Berliana Aulia Khabibah, Halimah Al-Adawiyah, Sella Martselia, Farikha Nikmah, Rosi Dwi Lestari** dan **Isnaini Nur Jannah** terima kasih atas dukungan, semangat, canda tawa dan segala bantuan selama perkuliahan hingga penulis berada di titik ini. Untuk teman seperjuangan saat di Laboratorium, **Mita, Ita, Idhea, Tyas, Maulida, Vicky, Luthfi** dan **Tintin** terima kasih atas hiburan, semangat, solusi dan waktu yang diluangkan untuk mendengar keluh kesah penulis selama penelitian. Untuk **BACHEM** (Bar-bar Chemistry kelas B) dan teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan, terima kasih banyak telah menjadi bagian terindah selama perkuliahan ini sehingga penulis mendapatkan banyak pengalaman, kenangan dan pelajaran. Semoga Allah balas segala kebaikan kalian.

MOTTO

وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۖ

“Berbuat baiklah [kepada orang lain] sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu”

[Qs. Al-Qasas: 77]

لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ ۖ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah [nikmat] kepadamu, dan jika kamu mengingkari [nikmat-Ku], maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih”

[Qs. Ibrahim: 7]

“When something doesn’t go the way you wanted it to, just know that everything happens for a reason. And even though sometimes we don’t understand the reason, it eventually gives and leaves us a lesson”

“Trust me, everyone will success in their field. Just make sure that you always work hard for it!”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillahirobbil 'Alamin, puji syukur yang tidak terhingga penulis panjatkan atas kehadiran Allah Swt. karena telah memberikan kelimpahan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin C yang Diembakan pada Zeolit Alam sebagai Sistem Penghantar Obat (*Drug Delivery System*) dengan Metode DPPH”**. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Saw. yang menuntun umatnya hingga akhir zaman yang senantiasa berlandaskan Al-Qur'an dan As-Sunnah. Penulis menyadari dalam setiap langkah penyusunan tugas akhir ini banyak sekali cobaan dan rintangan. Namun, berkat semua dukungan dan doa terutama dari ibu Sri Utami yang selalu mendampingi di setiap langkah penulis dalam menempuh studi di program studi kimia ini. Serta alm. Ayah Budi Haryono dan alm. Niar Aditya yang sudah membantu penulis berjuang menempuh studi, meskipun belum sempat mendampingi hingga penyusunan tugas akhir tetapi penulis yakin bahwa doa mereka selalu menyertai.

Penulis menyadari dalam menyusun tugas akhir ini memperoleh bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih juga kepada:

1. Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan selaku pembimbing akademik atau dosen wali.
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku dosen pembimbing penelitian yang telah sabar dan ikhlas meluangkan waktu untuk membimbing dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si selaku dosen konsultan dan Ibu Nur Aini, M.Si selaku pembimbing agama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi dan mengarahkan serta memberi masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Ibu Suci Amalia, M.Sc dan Ibu Armeida Dwi Ridhowati M., M.Si selaku penguji yang telah memberikan ilmu, kritik, saran serta nasihat hingga selesainya tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen dan staff program studi kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman serta wawasan kepada penulis.
8. Teman-teman program studi kimia khususnya angkatan 2017, teman-teman kelas Kimia B 2017 dan teman-teman unit bidang ilmu Kimia Analitik, serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah ikut memberikan bantuan dan motivasi selama penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam proposal penelitian ini, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk perbaikan dalam penulisan selanjutnya. Terlepas dari segala kekurangan, semoga proposal penelitian ini dapat memberikan informasi dan bermanfaat baik bagi pembaca, peneliti selanjutnya, maupun bagi masyarakat luas.

Malang, 02 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
ملخص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Vitamin C	8
2.2 Zeolit	10
2.2.1 Zeolit Alam	12
2.2.2 Potensi Zeolit Sebagai DDS (<i>Drug Delivery System</i>)	17
2.3 Metode Impregnasi Kering	20
2.4 Karakterisasi Zeolit Alam dengan <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR)	21
2.5 Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH	24
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.2.1 Alat	29
3.2.2 Bahan	29
3.3 Rancangan Penelitian	30
3.4 Tahapan Penelitian	30
3.5 Pelaksanaan Penelitian	31
3.5.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam	31
3.5.2 Pengembanan Vitamin C pada Zeolit Alam menggunakan Metode Impregnasi Kering	31
3.5.3 Karakterisasi menggunakan <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR)	32

3.5.4 Uji Aktivitas Antioksidan	32
3.5.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum DPPH....	32
3.5.4.2 Pengukuran Aktivitas Antioksidan pada Sampel	33
3.5.4.3 Analisis Data.....	33
3.5.5 Uji Pelepasan Vitamin C	34
3.5.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	34
3.5.5.2 Analisis Laju Pelepasan Obat Vitamin C/ Zeolit Alam	34
3.5.5.3 Analisis Standar Vitamin C	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Aktivasi Zeolit Alam secara Fisika dan Kimia	36
4.2 Impregnasi Vitamin C pada Zeolit Alam	39
4.3 Karakteristik Gugus Fungsi Pengembangan Vitamin C pada Zeolit .	40
4.4 Pengukuran Aktivitas Antioksidan pada Sampel	43
4.5 Analisis Uji Pelepasan Vitamin C dari Zeolit Alam	47
4.6 Kajian Hasil Penelitian berdasarkan Perspektif Islam	51
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi zeolit alam hasil analisis XRF.....	15
Tabel 2.2	Kandungan unsur zeolit alam Bandung dengan analisis XRF	17
Tabel 4.1	Interpretasi spektra FTIR zeolit alam, vitamin C dan hasil pengembanan	42
Tabel 4.2	Nilai IC ₅₀ sampel pengembanan, vitamin C dan zeolit alam.....	46
Tabel L.4.1	Data aktivitas antioksidan impregnasi 5:5.....	75
Tabel L.4.2	Data aktivitas antioksidan impregnasi 5:10.....	77
Tabel L.4.3	Data aktivitas antioksidan impregnasi 5:15.....	79
Tabel L.4.4	Data aktivitas antioksidan vitamin C.....	81
Tabel L.4.5	Data aktivitas antioksidan zeolit alam.....	83
Tabel L.4.2.1	Absorbansi larutan baku standar vitamin C.....	85
Tabel L.4.2.2	Hasil uji pelepasan obat pada pH 1,2	86
Tabel L.4.2.3	Hasil uji pelepasan obat pada pH 7,4	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Asam Askorbat	9
Gambar 2.2	Ukuran molekul vitamin C	9
Gambar 2.3	Struktur dasar zeolit.....	11
Gambar 2.4	Difraktogram hasil karakterisasi XRD zeolit alam Bandung	15
Gambar 2.5	Struktur Mordenit	16
Gambar 2.6	Perubahan jumlah vitamin pada simulasi pH gastrointestinal dengan dan tanpa zeolit	19
Gambar 2.7	Spektrum FTIR zeolit alam	22
Gambar 2.8	Spektra FTIR pada (A) vitamin C murni, (B) mikrosfer kitosan, dan (C) hasil enkapsulasi.....	23
Gambar 2.9	Rumus bangun DPPH (<i>1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl</i>).....	26
Gambar 2.10	Reaksi antara antioksidan dengan molekul DPPH.....	27
Gambar 4.1	Mekanisme pertukaran kation dari aktivasi kimia zeolit alam....	38
Gambar 4.2	a) zeolit alam b) vitamin C dan c) hasil impregnasi.....	39
Gambar 4.3	Interaksi antara zeolit dengan vitamin C	40
Gambar 4.4	Spektra FTIR vitamin C, zeolit alam, sampel impregnasi 5:5, 5:10 dan 5:15	41
Gambar 4.5	Panjang gelombang maksimum DPPH 0,2 mM.....	44
Gambar 4.6	Panjang gelombang maksimum vitamin C.....	48
Gambar 4.7	Grafik pelepasan vitamin C dari zeolit alam selama 24 jam	49
Gambar L.4.1	Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log konsentrasi impregnasi 5:5	76
Gambar L.4.2	Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log Konsentrasi impregnasi 5:10	78
Gambar L.4.3	Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log Konsentrasi impregnasi 5:15	80
Gambar L.4.4	Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log Konsentrasi vitamin C	82
Gambar L.4.5	Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log Konsentrasi zeolit alam	84
Gambar L.4.6	Kurva standar vitamin C.....	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian.....	64
Lampiran 2. Diagram Alir	65
Lampiran 3. Perhitungan dan Pembuatan Larutan	69
Lampiran 4. Data dan Perhitungan Hasil Penelitian	74
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian	88

ABSTRAK

Rahmadani, Arni Amillenia. 2022. **Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin C yang Diembankan pada Zeolit Alam Sebagai Sistem Penghantar Obat (*Drug Delivery System*) dengan Metode DPPH.** Skripsi. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Elok Kamilah Hayati, M.Si; Pembimbing II: Nur Aini, M.Si; Konsultan: Susi Nurul Khalifah, M.Sc.

Kata Kunci: vitamin C, zeolit alam, impregnasi kering, metode DPPH, uji pelepasan obat

Asam Askorbat atau yang disebut vitamin C adalah salah satu senyawa yang berpotensi sebagai antioksidan. Sumber vitamin C berasal dari pangan yaitu sayur dan buah terutama yang rasanya asam. Vitamin C sangat mudah mengalami oksidasi akibat pengaruh cahaya, suhu maupun logam berat. Oleh karena itu, vitamin C perlu dilindungi dari oksidasi selama penyimpanan dengan diembankan pada suatu zeolit. Zeolit merupakan material berpori yang dieksplorasi secara biomedis dalam mengembangkan molekul obat. Pengembanan vitamin C pada zeolit mampu meningkatkan efisiensi obat dengan jalur pelepasan terkontrol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi, aktivitas antioksidan dan nilai pelepasan vitamin C yang diembankan pada zeolit alam.

Pengembanan vitamin C pada zeolit alam menggunakan metode impregnasi kering dengan perbandingan 5:5, 5:10, dan 5:15. Analisis FTIR diperlukan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi dari zeolit sebelum dan sesudah dilakukan pengembanan. Metode uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH dengan parameter IC_{50} . Selanjutnya, analisis uji pelepasan obat dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Hasil karakterisasi vitamin C diembankan pada zeolit alam muncul pada serapan khas vitamin C pada 1762 cm^{-1} , 1688 cm^{-1} , 1147 cm^{-1} dan serapan khas zeolit pada 1045 cm^{-1} . Hasil penelitian menunjukkan aktivitas antioksidan pada hasil pengembanan 5:5, 5:10 dan 5:15 menghasilkan nilai IC_{50} berturut-turut yaitu 7,789 ppm, 6,744 ppm dan 6,006 ppm. Ketiga sampel pengembanan memiliki aktivitas antioksidan dengan kategori sangat kuat. Analisis uji pelepasan vitamin C dilakukan pada sampel yang memiliki aktivitas antioksidan terbesar yaitu 5:15 menghasilkan persentase pelepasan vitamin C pada pH 1,2 sebesar 7,2808% dan 73,7188% pada pH 7,4.

ABSTRACT

Rahmadani, Arni Amillenia. 2022. **Antioxidant Activity Test of Vitamin C Loading In Natural Zeolite as DDS (Drug Delivery System) Using DPPH Method.** Thesis. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor I: Elok Kamilah Hayati, M.Si; Supervisor II: Nur Aini, M.Si; Consultant: Susi Nurul Khalifah, M.Sc.

Keywords: vitamin C, natural zeolite, dry impregnation, DPPH method, drug release test

Ascorbic acid or vitamin C has potential as an antioxidant. Sources of vitamin C are food, especially vegetables and fruits that have a sour taste. Vitamin C is easily oxidized by the influence of light, temperature and heavy metals. Therefore, vitamin C needs to be protected from oxidation during storage by loading in a zeolite. Zeolite is a porous material that has been explored biomedically in developing drug molecules. The loading of vitamin C into zeolite can increase the efficiency of the drug with a controlled release. Aims of this research are to determine characteristics of the vitamin C functional group, antioxidant activity, and release value of the vitamin C loading in natural zeolite.

Vitamin C loading in natural zeolite using the dry impregnation method with ratio of 5:5, 5:10, and 5:15. FTIR analysis is needed to determine differences in functional groups of zeolite structure before and after impregnation. Then, the antioxidant activity test method uses the DPPH method with IC_{50} parameters. Furthermore, analysis of the drug release test was carried out using an UV-Vis instrument. The results of the characterization of vitamin C in natural zeolite showed a typical absorption of vitamin C at 1762 cm^{-1} , 1688 cm^{-1} , 1147 cm^{-1} and also showed the typical absorption of zeolite at 1045 cm^{-1} . The results showed that the antioxidant activity at 5:5, 5:10 and 5:15 yielded IC_{50} values of 7,789 ppm, 6,744 ppm and 6,006 ppm. The three carrier samples had very strong antioxidant activity. Analysis of the release test of vitamin C was carried out on the samples that had the largest antioxidant activity at 5:15 and resulted in the percentage of vitamin C release at pH 1.2 of 7,2808% and 73,7188% at pH 7.4.

ملخص البحث

رحمداني، أرني اميلينا. ٢٠٢٢. اختبار نشاط مضادات الأكسدة لفيتامين ج المضمن في الزيوليت الطبيعي كنظام لتوصيل الأدوية (*Drug Delivery System*) باستخدام طريقة DPPH. البحث العلمي. قسم الكيمياء بكلية العلوم والتكنولوجيا جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة الأولى: إيلوك كاملة حياتي الماجستير. المشرفة الثانية: نور عيني الماجستير، المستشارة: سوسي نور الخليفة الماجستير.

الكلمات المفتاحية: فيتامين ج، زيوليت طبيعي، تشريب جاف، طريقة DPPH، اختبار إطلاق الدواء

حمض الأسكوربيك أو فيتامين ج أحد المركبات التي لها القدرة على أن تكون مضادات الأكسدة. تأتي مصادر فيتامين سي من الطعام، وتحديداً الخضار والفواكه، وخاصة تلك التي لها طعم حامض. فيتامين ج شديد الحساسية للأكسدة بسبب تأثير الضوء ودرجة الحرارة والمعادن الثقيلة. لذلك، يحتاج فيتامين ج للحماية من الأكسدة أثناء التخزين عن طريق ربطه بالزيوليت. الزيوليت مادة مسامية تم استكشافها طبيياً في تطوير جزيئات الدواء. يمكن أن تؤدي إضافة فيتامين ج إلى الزيوليت إلى زيادة كفاءة الدواء من خلال مسار إطلاق متحكم فيه. تهدف هذا البحث إلى تحديد خصائص المجموعات الوظيفية ونشاط مضادات الأكسدة وقيمة إفراز فيتامين ج في الزيوليت الطبيعي.

تطوير فيتامين ج في الزيوليت الطبيعي باستخدام طريقة التشريب الجاف بنسبة ٥ : ٥ : ١٠ : ٥ ، و ١٥ : ٥ . هناك حاجة إلى تحليل FTIR لتحديد الفرق في المجموعات الوظيفية للزيوليت قبل وبعد التضمين. استخدمت طريقة اختبار نشاط مضادات الأكسدة طريقة DPPH مع المعلمة IC_{50} . علاوة على ذلك، تم إجراء تحليل اختبار إطلاق الدواء باستخدام أداة مقياس الطيف الضوئي بالأشعة المرئية وفوق البنفسجية. ظهرت نتائج توصيف فيتامين ج في الزيوليت الطبيعي عند الامتصاص النموذجي لفيتامين ج عند ١٧٦٢ سنتي متر⁻¹، ١٦٨٨ سنتي متر⁻¹، ١١٤٧ سنتي متر⁻¹ والامتصاص النموذجي للزيوليت عند ١٠٤٥ سنتي متر⁻¹. أظهرت النتائج أن الفعالية المضادة للأكسدة عند ٥ : ٥ : ١٠ : ٥ ، و ١٥ : ٥ أعطت قيم IC_{50} ، أي ٧,٧٨٩ جزء في المليون، ٦,٧٤٤ جزء في المليون و ٦,٠٠٦ جزء في المليون على التوالي. كان للعينات الحاملة الثلاثة نشاط مضاد للأكسدة قوي جداً. تم إجراء تحليل لإفراز فيتامين ج على العينات التي كان لها أكبر نشاط مضاد للأكسدة، وهي ١٥ : ٥ ، مما أدى إلى النسبة المئوية لإطلاق فيتامين ج عند الرقم الهيدروجيني ١,٢ عند ٧,٢٨٠٨٪ و ٧٣,٧١٨٨٪ عند الرقم الهيدروجيني ٧,٤.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Virus corona atau Covid-19 semakin merebak di berbagai belahan dunia, tidak terkecuali di Indonesia. Penyebaran virus corona sangat cepat, sehingga dibutuhkan pencegahan salah satunya dengan menjaga kesehatan dan daya tahan tubuh. Menurut Amalia dkk. (2020), tubuh dengan daya tahan tubuh yang kuat memiliki harapan untuk sembuh dari virus corona. Salah satu penyebab turunnya daya tahan tubuh adalah radikal bebas yang menyerang sel tubuh manusia. Radikal bebas (*free radical*) adalah suatu senyawa atau molekul yang mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital luarnya. Oleh sebab itu, tubuh kita memerlukan suatu substansi penting yakni antioksidan yang dapat menyumbangkan satu atau lebih elektron pada radikal bebas, sehingga radikal bebas tersebut dapat diredam (Winarsi, 2007).

Salah satu antioksidan yang umum dikonsumsi untuk membantu menjaga daya tahan tubuh adalah vitamin C atau dikenal dengan asam askorbat. Vitamin C adalah antioksidan alami yang berasal dari pangan terutama pada sayur dan buah yang rasanya asam seperti jeruk, nanas atau tomat. Selain itu, kandungan vitamin C juga banyak terkandung pada sayuran, daun-daunan dan jenis kol (Pakaya, 2014). Vitamin C memiliki sifat mudah teroksidasi oleh pengaruh cahaya, suhu, logam berat, bersifat reaktif, dan mampu berinteraksi dengan bahan makanan lain sehingga menurunkan efektivitas dari vitamin C (Yang, dkk., 2012). Oksidasi vitamin C (asam askorbat) akan mengubah asam askorbat menjadi asam L-

dehidroaskorbat yang secara kimia sangat labil dan dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat yang tidak memiliki keaktifan vitamin C lagi (Octaviani, 2014). Oleh karena itu, vitamin C perlu diembankan untuk melindunginya dari oksidasi selama penyimpanan dan interaksi dengan senyawa lain, salah satunya menggunakan zeolit.

Desai dan Park (2005) telah melakukan enkapsulasi vitamin C dalam tripolifosfat mikrosfer kitosan menggunakan metode *spray drying*. Berdasarkan hasil FTIR, terbukti bahwa vitamin C dapat diembankan dalam material pelindung seperti kitosan. Sedangkan Hudiyanti (2017) melakukan pengembangan vitamin C pada material liposom kelapa (*Cocos nucifera* L.) dengan diperoleh efisiensi enkapsulasi sebesar 80,76%. Material pelindung lain yang seringkali digunakan untuk pelepasan obat adalah zeolit. Zeolit keberadaanya sangat melimpah, namun pemanfaatannya masih belum optimal. Allah berfirman dalam surat Shaad ayat 27:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۗ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا ۗ فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ
كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ﴿٢٧﴾

Artinya: “Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka” (QS. Shaad: 38/27).

Menurut tafsir Al-Mishbah, ayat ini merupakan petunjuk Allah kepada manusia bahwa langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya seperti udara, mineral alam dan lain-lain yaitu segala ciptaan Allah tidak ada yang sia-sia tanpa hikmah. Keyakinan bahwa makhluk-makhluk ini diciptakan tanpa mengandung hikmah merupakan keyakinan orang-orang kafir (Shihab, 2002). Berdasarkan ayat tersebut dapat dijelaskan bahwa Allah menciptakan sesuatu di bumi, di langit dan

apa yang ada diantara keduanya sesungguhnya tidak ada yang sia-sia dan memiliki tujuan yang benar, seperti pada zeolit alam akan memberikan pemanfaatan yang optimal jika dilakukan pengolahan secara tepat.

Zeolit merupakan mineral alumina silikat hidrat yang tersusun atas tetrahedral alumina (AlO_4)⁵⁻ dan silika (SiO_4)⁴⁻ yang dihubungkan oleh atom oksigen membentuk struktur tiga dimensi yang berongga terbuka atau berpori (Yao, dkk., 2018). Zeolit telah banyak digunakan sebagai adsorben, katalis atau pengemban katalis pada berbagai reaksi kimia, penukar ion, penyaring molekul dalam separasi dan memilah molekul sesuai dengan ukuran kristalnya. Selain itu, zeolit memiliki karakter unik seperti berpori, mampu melakukan pertukaran ion, menyerap air serta biokompatibilitas membuat zeolit semakin berguna dalam bidang biomedis seperti sistem pembawa obat (*Drug Delivery System*), penyembuhan luka, antibakteri, antioksidan, penghilang ion berbahaya bagi tubuh, hemodialisis, dan pengisian akar gigi (Serati-Nouri, dkk., 2020).

Zeolit digunakan sebagai *Drug Delivery System* atau sistem pembawa obat, karena zeolit mempunyai struktur dan komposisi yang teratur dengan rongga dan saluran. Adanya rongga atau pori dan saluran menyebabkan zeolit dapat digunakan sebagai pengemban atau matriks molekul obat (Baerlocher, dkk., 2007). Selain itu, zeolit alam yang berasal dari Bandung memiliki kandungan utama berupa mordenit. Zeolit jenis mordenit ini dapat digunakan sebagai bahan pengemban karena memiliki pori besar yakni berkisar 6,7–7 Å dan tersusun dari cincin 12 anggota sehingga dapat mengadsorpsi baik molekul berantai lurus, cabang maupun siklik (Dyer, 1988). Adapun ukuran molekul vitamin C berkisar 4-6 Å, sehingga memungkinkan untuk terjadinya interaksi dengan pori zeolit alam jenis mordenit.

Menurut Putra dan Mustika (2016) keuntungan zeolit sebagai sistem pembawa obat adalah mampu mengontrol pelepasan obat. Laju pelepasan obat yang terkontrol dapat meningkatkan efisiensi obat dengan mencegah degradasi obat, bahkan mengurangi efek samping dan tidak memberikan efek toksik terhadap tubuh. Yaneva dkk. (2018) melaporkan bahwa zeolit alam yang berasal dari Bulgaria (klinoptilolit) mampu menembus sitoplasma sel dalam tubuh dan mengontrol pelepasan vitamin E (α -tokoferol) mencapai maksimal 3,0 mg dari konsentrasi vitamin awal sebesar 4,35 mg dengan pelepasan selama 180 menit pada cairan simulasi lambung (pH 1,2). Penelitian lain oleh Rahimi dkk. (2012) tentang uji pelepasan vitamin larut lemak (vitamin A, D₃ dan E) yang diembankan pada suatu zeolit jenis klinoptilolit sebagai sistem pembawa obat menyatakan bahwa jumlah vitamin yang dilepas akan lebih tinggi dibanding sampel kontrol setelah diembankan pada zeolit hingga mencapai 20–24%.

Menurut Pranoto (2012) semua zeolit alam tanpa perlakuan aktivasi telah memiliki kemampuan antioksidan yang menghambat senyawa radikal bebas yakni persen (%) aktivitas antioksidannya mencapai 45-60%. Diasumsikan bahwa zeolit tidak hanya menetralkan radikal DPPH dengan menyumbangkan elektron, tetapi juga menangkap dan mengadsorpsi radikal DPPH dalam strukturnya. Hayati (2011) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan beberapa tanaman obat menggunakan zeolit alam sebagai bahan penopang dan penggunaannya dalam komposit dengan formula ekstrak dapat meningkatkan aktivitas antioksidan. Sehingga zeolit sebagai sistem pembawa obat tidak hanya mampu mengontrol laju pelepasan obat tersebut, namun juga mampu memberikan aktivitas antioksidan pada sampel obat. Hal ini menandakan bahwa komposisi zeolit dalam suatu pengembanan senyawa

antioksidan mampu mempengaruhi nilai aktivitas antioksidan karena zeolit diasumsikan tidak hanya sebagai pelindung obat namun juga memiliki aktivitas antioksidan.

Pengembangan senyawa antioksidan pada zeolit alam dilakukan dengan menggunakan metode impregnasi salah satunya impregnasi kering (Vilaca, dkk., 2013). Impregnasi kering menggunakan jumlah pelarut yang sedikit dibandingkan dengan impregnasi basah, sehingga dalam proses pengeringan menghabiskan waktu yang lebih singkat dan memungkinkan molekul senyawa yang diimbakan terhindar dari paparan suhu pemanasan yang lebih lama dan menurunkan resiko kerusakan senyawa. Laila (2016) mengembangkan ekstrak daun sirsak pada zeolit NaX dengan perbandingan 5:10 menghasilkan nilai IC_{50} dengan metode impregnasi basah adalah 71.076, 923 $\mu\text{g/mL}$. Sedangkan Lilbaiq (2017) melakukan penelitian pada sampel dan rasio perbandingan yang sama, namun dengan metode impregnasi kering menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 67,343 $\mu\text{g/mL}$. Hal ini menandakan bahwa metode impregnasi kering lebih efektif dibanding impregnasi basah.

Metode uji antioksidan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*). Metode ini akan menangkap radikal bebas yang menyebabkan elektron menjadi berpasangan yang kemudian akan terjadi penghilangan warna. Nilai dari aktivitas antioksidan dapat diketahui dengan menggunakan nilai IC_{50} , nilai tersebut merupakan konsentrasi yang dapat menyebabkan penurunan 50% dari konsentrasi DPPH awal. Metode DPPH dalam penentuan antioksidan memiliki keuntungan, yaitu metode ini dapat dikerjakan dengan cepat dan sederhana (Gustandy, 2013).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui aktivitas antioksidan vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam dengan metode pengembunan adalah impregnasi kering dan uji antioksidan dengan metode DPPH.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi vitamin C yang telah diimbangkan pada zeolit alam berdasarkan FTIR?
2. Bagaimana aktivitas antioksidan vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam dengan metode DPPH?
3. Bagaimana pelepasan vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam dengan variasi pH lambung dan pH usus?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik gugus fungsi vitamin C yang telah diimbangkan pada zeolit alam berdasarkan FTIR.
2. Mengetahui aktivitas antioksidan vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam dengan metode DPPH.
3. Mengetahui pelepasan vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam dengan variasi pH lambung dan pH usus.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan adalah vitamin C standar.
2. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam Bandung (Mordenit).
3. Metode pengembanan yang digunakan adalah impregnasi kering.
4. Perbandingan kombinasi vitamin C dengan zeolit alam yang digunakan adalah 5:5, 5:10, dan 5:15.
5. Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH.
6. Variasi pH yang digunakan untuk uji pelepasan vitamin C yang diembankan pada zeolit alam adalah 1,2 dan 7,4.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai kajian pengembangan zeolit alam yang belum dimanfaatkan secara optimal dengan cara modifikasi zeolit alam dengan vitamin C.
2. Memberikan informasi ilmiah bidang farmakologi dan kesehatan mengenai vitamin C yang diembankan pada zeolit alam memiliki potensi sebagai antioksidan.

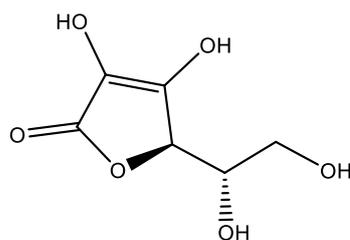
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Vitamin C

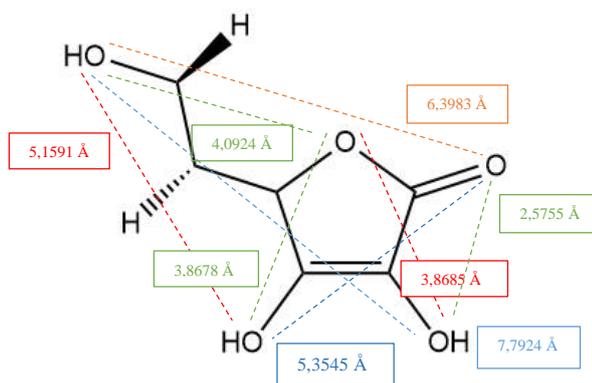
Vitamin adalah suatu senyawa organik yang ditemukan dalam jumlah yang sedikit pada makanan dan dibutuhkan dalam jumlah yang besar untuk fungsi metabolisme normal. Vitamin secara umum terbagi menjadi dua yakni yang larut dalam air dan larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E, dan K, sedangkan yang larut dalam air adalah vitamin B dan C (Dorland, 2010). Vitamin C dari alam dapat dijumpai pada sayuran daun-daunan dan sejenis kol ataupun buah-buahan yang sebagian besar memiliki rasa asam seperti jeruk, nanas atau tomat (Almatsier, 2005).

Vitamin C juga dikenal dalam nama kimia yaitu asam askorbat (Pakaya, 2014). Vitamin C memiliki bentuk fisik berupa kristal putih yang mudah larut dalam air. Vitamin C cukup stabil dalam keadaan yang kering dan mudah rusak dalam keadaan larut karena bersentuhan dengan udara (oksidasi) terutama jika terkena panas. Oksidasi akan bertambah cepat dengan adanya tembaga dan besi. Vitamin C cukup stabil dalam larutan yang asam, namun tidak stabil dalam larutan yang basa alkali (Almatsier, 2005). Menurut Sudarmadji (1989), vitamin C mempunyai berat molekul (Mr) sebesar 178 dengan rumus molekul $C_6H_8O_6$ serta memiliki titik cair 190-192 °C, bersifat larut dalam air dan sedikit larut dalam aseton maupun alkohol yang memiliki berat molekul lebih rendah. Vitamin C sukar larut dalam kloroform, eter dan benzen. Adapun struktur vitamin C ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Asam Askorbat (Suriyawati, 2018)

Vitamin C pada tubuh terdapat di dalam darah (khususnya leukosit), korteks anak ginjal, kulit, dan tulang. Vitamin C akan diserap di saluran cerna melalui transpor aktif (Sherwood, 2001). Vitamin C mudah diabsorpsi secara difusi di bagian atas usus halus dan masuk ke peredaran darah melalui vena porta, lalu diangkut ke semua jaringan. Konsentrasi tertinggi adalah di dalam jaringan adrenal, *pituitary*, dan retina. Vitamin C diekskresikan terutama melalui urin, sebagian kecil di dalam tinja dan sebagian kecil lagi diekskresikan melalui kulit (Yuniastuti, 2008). Ukuran molekul vitamin C dilihat dari aplikasi kimia *Hyperchem* adalah berkisar 4-6 Å seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ukuran molekul vitamin C

Kebutuhan vitamin C menurut Angka Kecukupan Gizi (AKG) tahun 2013, pada anak di atas satu tahun adalah sebesar 40-45 mg. Sedangkan remaja berusia di atas 12 tahun perlu memenuhi kebutuhan vitamin C kurang lebih sebesar 65-90 mg

per hari dan orang dewasa di atas 18 tahun berkisar 75-90 mg. Ibu hamil dan dalam masa menyusui akan membutuhkan lebih banyak lagi vitamin C. Adapun vitamin C yang diserap tubuh adalah sebesar 70–90% dari 30–180 mg yang dikonsumsi. Dosis vitamin C tablet yang melebihi 1000 mg per hari akan diserap sebesar 50% dan sisanya dibuang melalui urin (Jacob and Sotoudeh, 2002). Kekurangan vitamin C dapat mengalami sariawan atau bibir pecah-pecah bahkan badan menjadi lemas. Kelebihan vitamin C bisa memberikan dampak negatif yaitu bisa menimbulkan efek yang buruk terhadap tubuh, misalnya badan menjadi pucat dan kurus (Almatsier, 2005). Kebutuhan vitamin C harus dipenuhi untuk mempertahankan integritas dan metabolisme tubuh yang normal.

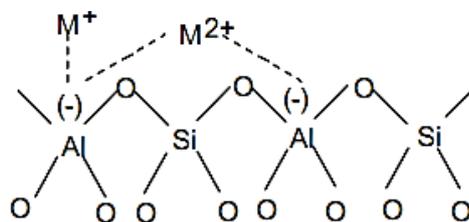
Peran vitamin C dalam tubuh salah satunya sebagai antioksidan yaitu menetralkan radikal bebas dengan cara mendonorkan elektron pada radikal bebas tersebut. Vitamin C secara efektif menangkap radikal-radikal $O_2\bullet$, $OH\bullet$, $ROO\bullet$ dan juga berperan dalam regenerasi vitamin E (Suriyawati, 2018). Vitamin C mudah mengalami oksidasi oleh radikal bebas karena mempunyai ikatan rangkap dan dengan adanya 2 gugus -OH yang terikat pada ikatan rangkap tersebut, radikal bebas akan mencabut atom hidrogen dan menyebabkan muatan negatif pada atom oksigen yang selanjutnya akan terstabilkan melalui resonansi, sehingga menghasilkan radikal bebas yang stabil dan tidak membahayakan (Cholisoh dan Utami, 2008).

2.2 Zeolit

Zeolit berasal dari bahasa Yunani, *zhein* yang berarti mendidih dan *lithos* yang berarti batuan. Zeolit didefinisikan sebagai batuan yang mendidih karena

dehidrasi molekul air yang dikandung di dalamnya apabila zeolit dipanaskan (Baerlocher, dkk., 2007). Zeolit merupakan material nanopori (Zarrintaj, dkk., 2020) yang memiliki banyak kegunaan antara lain sebagai adsorben (mampu menyerap senyawa-senyawa kimia tertentu), katalis atau pengemban katalis pada berbagai reaksi kimia (katalisator), penukar ion, penyaring molekul dalam separasi dan memilah molekul sesuai dengan ukuran kristalnya (Serati-Nouri, dkk., 2020).

Zeolit terdiri dari mineral alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah yang tersusun atas tetrahedral alumina (AlO_4)⁵⁻ dan silika (SiO_4)⁴⁻ yang dihubungkan oleh atom-atom oksigen membentuk struktur tiga dimensi yang berongga terbuka atau berpori (Yao, dkk., 2018). Penggabungan satuan (AlO_4)⁵⁻ dan (SiO_4)⁴⁻ ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur dasar zeolit (Las, 2004)

Zeolit dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya ditemukan pada celah-celah atau retakan bebatuan (Sutarti, 1994). Struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahidrat AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan didalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} . Zeolit mempunyai rumus $\text{M}_{2/n}[(\text{Al}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_y].z\text{H}_2\text{O}$ dimana M adalah kation yang dipertukarkan, n adalah valensi kation, x adalah jumlah atom Al, y adalah jumlah atom Si dan z adalah jumlah molekul air (Ardhiany, 2019). Kation M dengan valensi m menetralkan muatan negatif pada kerangka aluminosilikat,

dimana x dan y adalah bilangan tetrahedral $(AlO_4)^{5-}$ dan $(SiO_4)^{4-}$ dan w adalah bilangan mol dari molekul air yang dapat dihilangkan dengan pemanasan tanpa mengakibatkan perubahan dalam struktur kerangka. Perbandingan y:x biasanya antara 1 sampai 5, tetapi bisa mencapai 10 sampai 100 untuk zeolit dengan kandungan silika yang tinggi (Breck, 1974). Zeolit berdasarkan sumbernya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} (Pabalan dan Bertetti, 2001). Sedangkan zeolit sintetis biasanya hanya mengandung kation-kation K^+ dan Na^+ (Ersoy dan Çelik, 2002).

2.2.1 Zeolit Alam

Zeolit alam merupakan jenis mineral yang biasanya terdapat pada lubang-lubang batuan lava basalt (*traps rock*) dan batuan sedimen piroklastik berbutir halus (*tuff*). Zeolit di alam bercampur dengan mineral lain seperti felspar, sodalit, naphelit, dan leusit (Said, dkk., 2008). Zeolit alam terdapat berbagai jenis diantaranya *Clinoptilolite*, *Chabazite*, *Mordenite*, *Phillipsite*, *Erionite*, *Analcime*, dan *Ferrierite* (Polat, dkk., 2004). Zeolit alam terbentuk dari reaksi debu vulkanik yang reaktif dengan air laut yang banyak mengandung garam alkali dan alkali tanah melalui proses kristalisasi yang berlangsung selama 50.000 tahun (Rosdiana, 2006). Keberadaan zeolit serta manfaatnya yang terkandung di gunung berapi merupakan salah satu bukti kekuasaan Allah sesuai dengan firmanNya dalam surah Al-Fatir ayat 27:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَعَرَابِيْبٌ سُودٌ (٢٧)

Artinya: *“Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat.”* (QS. Fatir: 35/27).

Tafsir oleh al-Maraghi (1993) menjelaskan surah Fathir ayat 27 menerangkan tentang bukti-bukti kekuasaan Allah yang mampu menciptakan bermacam-macam benda dan materi. Ayat ini berisi ajakan kepada setiap orang untuk berfikir dan memperhatikan ciptaan Allah yang beragam dan beraneka macam tersebut. Keanekaragaman itu terjadi tidak hanya pada buah-buahan, melainkan juga gunung-gunung yang memiliki jalur dan garis-garis yang terlihat berwarna putih, merah dan terlihat hitam pekat (Shihab, 2002).

Warna gunung yang bermacam-macam disebabkan oleh bebatuan bebatuan gunung-gunung itu. Perbedaan susunan mineral-mineral dalam batuan menyebabkan warna yang beranekaragam. Jika terkandung mineral besi, maka warna dominannya adalah merah; jika batubara warna dominannya hitam; jika perunggu maka kehijauan dan sebagainya. Adapun warna putih disebabkan adanya zeolit yang mengandung senyawa silika alumina (Shihab, 2002). Kandungan silika alumina yang tinggi ini menyebabkan zeolit banyak digunakan sebagai adsorben, penukar ion dan katalis. Berbagai manfaat zeolit tersebut merupakan salah satu hikmah dari proses berpikir dan perenungan manusia terhadap ciptaan Allah yang berupa gunung. Berpikir merupakan salah satu perintah Allah dan dengan berpikir adalah salah satu cara untuk terus mengingat-Nya yang dijelaskan dalam surah Ali-Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾
 الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
 وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta perubahan malam dan siang, terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia: Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari adzab neraka.”* (QS. Ali-Imran: 3/190-191).

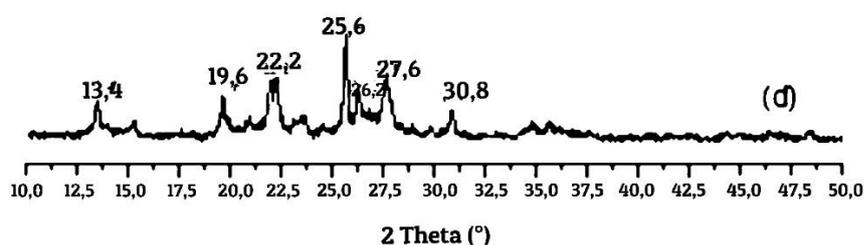
Menurut tafsir Al-Jazairi (2007) maksud dari lafadz *lil ulil albab* pada ayat 190 surah Ali-Imran yaitu orang yang berakal, merupakan orang-orang yang dengan akalnyanya mampu menangkap dan memahami tanda-tanda serta bukti dari kekuasaan Allah Swt. sebagaimana usaha dalam memperkuat keimanannya. Sedangkan, ayat 191 disebutkan tanda-tanda *ulul albab* yaitu orang yang berpikir adalah mereka yang senantiasa mengingat Allah dalam segala keadaan serta memikirkan tentang manfaat yang ada pada segala ciptaanNya, salah satunya adalah zeolit alam (Shihab, 2002).

Komposisi kimiawi zeolit bergantung pada komposisi hidrotermal lingkungan setempat di antaranya suhu, tekanan uap air dan komposisi air tanah. Akibatnya, zeolit dengan warna dan tekstur yang sama dapat berbeda komposisi kimianya jika diambil dari daerah yang berbeda karena kombinasi dengan mineral dalam bentuk partikel halus dan pengotor lainnya (Iskandar, 2008). Berdasarkan hasil XRF (*X-Ray Fluorescence*) pada penelitian Arief, dkk. (2013) menyatakan bahwa komposisi pada zeolit alam yang paling besar adalah Si dan Al, ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi zeolit alam hasil analisis XRF

Komposisi	% Berat
SiO ₂	65,89
Al ₂ O ₃	16,51
Fe ₂ O ₃	5,74
CaO	0,6
MgO	0,59

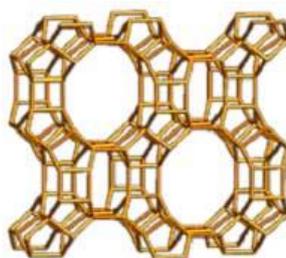
Hasil karakterisasi oleh Amalia dkk. (2019) dengan metode XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan bahwa zeolit alam Bandung mempunyai kandungan utama berupa mordenit. Hal ini dikarenakan munculnya puncak-puncak khas mordenit pada 2θ yaitu $13,4^\circ$; $19,6^\circ$; $22,2^\circ$; $25,6^\circ$; $26,2^\circ$; $27,6^\circ$; dan $30,8^\circ$. Nilai 2θ tersebut sesuai dengan standart mordenit yaitu $13,45^\circ$; $22,20^\circ$; $25,6^\circ$; $26,25^\circ$; dan $27,6^\circ$ (*International Zeolite Association Structure*).



Gambar 2.4 Difraktogram hasil karakterisasi XRD zeolit alam Bandung (Amalia, dkk., 2019)

Mordenit merupakan mineral zeolit yang termasuk langka dengan rumus empiris $(Ca,Na_2,K_2)Al_2Si_{10}O_{24}.7H_2O$. Zeolit alam di Indonesia pada umumnya merupakan zeolit dengan tipe klinoptilolit dan mordenit yang mempunyai rumus kimia $Na_6[Al_6Si_{30}O_{72}]_{24}H_2O$ dan juga dalam bentuk rumus $Na_8[Al_8Si_{40}O_{96}]_{24}H_2O$ (Arief, dkk.,2013). Mordenit biasanya ditemukan pada batuan vulkanik bersamaan dengan *Stilbite* dan *Heulandite*. Zeolit jenis ini ditemukan pertama kali oleh Henry How dengan nama Mordenit yang diberikan berdasarkan nama suatu

komunitas yaitu “Morden” (Rahmawati, 2008). Sistem kristal mordenit adalah ortorombik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Mordenit (Utubira, dkk., 2010)

Mordenit merupakan salah satu jenis zeolit alam yang dapat digunakan sebagai bahan pengemban beberapa senyawa karena berpori cukup besar ($6,7-7 \text{ \AA}$). 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). Zeolit alam jenis mordenit memiliki kandungan Si sedang dengan perbandingan $\text{Si/Al} = 5$ yang termasuk sangat stabil (Hapsari, 2006). Hal ini menyebabkan mordenit mempunyai stabilitas termal yang tinggi dalam dehidrasi yang terjadi pada *range* $80-4000 \text{ }^\circ\text{C}$ (Rahmawati, 2008). Stabilitas termal yang tinggi terbukti dengan kemampuannya untuk mempertahankan struktur sampai temperatur $800-900 \text{ }^\circ\text{C}$ (Dyer, 1988).

Keistimewaan dari mordenit adalah permukaan cincin 12 berbentuk oval dengan ukuran $0,67 \times 0,7 \text{ nm}$ dan di dekat permukaannya terdapat 8 cincin dengan diameter $0,39 \text{ nm}$. Setiap kerangka atom berada di sebelah rongga cincin 12 atau 8 dilihat dari strukturnya. Struktur ini menyebabkan semua atom aluminium dan anion atau situs asam yang bergabung dengannya berada pada dinding rongga dan dapat dicapai oleh spesies reaktan yang melaluinya (Augustine, 1996).

Suryana (2018) melakukan aktivasi zeolit alam Bandung secara kimia menggunakan asam kuat yakni HCl 6 M. Zeolit yang digunakan masih terdapat berbagai mineral namun dalam jumlah yang lebih sedikit. Hal ini dapat dilihat dari hasil XRF oleh Amalia, dkk. (2019) yang menunjukkan adanya perbedaan sebelum dan sesudah aktivasi yang dilakukan pada zeolit alam Bandung.

Tabel 2.2 Kandungan unsur zeolit alam Bandung dengan analisis XRF

Unsur	Zeolit Alam (%)	Zeolit Aktivasi (%)
Al	8,4	-
Si	56,9	40,7
K	8,75	38,7
Ca	10,5	8,02
Ti	0,90	1,0
V	0,04	0,02
Cr	-	0,058
Mn	0,41	0,27
Fe	12,0	10,2
Ni	-	-
Cu	0,11	0,11
Zn	0,03	-
Sr	1,0	0,45
Ba	0,1	0,2
Eu	0,2	0,3
Zr	0,5	-
Re	0,2	-

2.2.2 Potensi Zeolit Sebagai DDS (*Drug Delivery System*)

Zeolit alam telah banyak digunakan sebagai adsorben, katalis atau pengemban katalis pada berbagai reaksi kimia, penukar ion, penyaring molekul dan penyusun kerangka zeolit yang lain. Selain itu, zeolit memiliki karakter unik seperti biokompatibilitas membuat zeolit semakin berguna dalam bidang biomedis seperti sistem pembawa obat (*Drug Delivery System* (DDS)) dan agen pengontrol pelepasan obat (Serati-Nouri, dkk., 2020). Hal ini juga dipengaruhi oleh karakteristik zeolit yang memiliki struktur dan komposisi yang teratur dengan

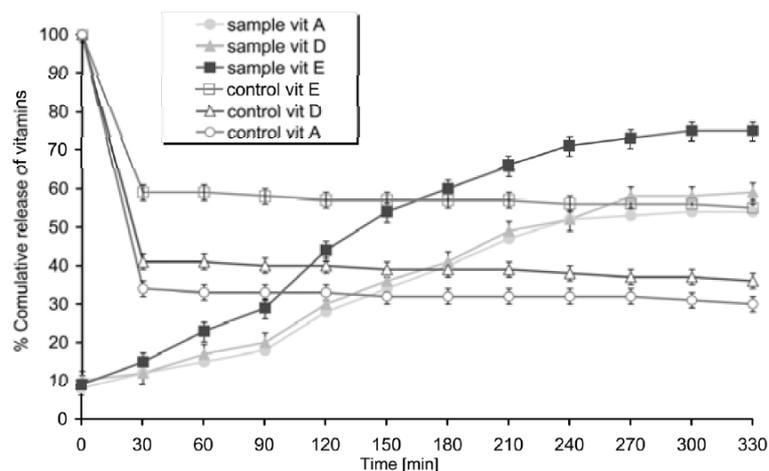
adanya rongga atau pori yang menyebabkan zeolit dapat digunakan sebagai pengemban atau matriks molekul obat (Baerlocher, 2007). Pelepasan obat yang berkepanjangan dapat dicapai karena molekul obat terperangkap di dalam pori-pori melalui interaksi dengan dinding pori (Hirvonen, 2008). Adanya rongga dan sifat biokompatibilitas membuat zeolit alam mampu berperan sebagai pengemban molekul obat.

Menurut Putra dan Mustika (2016) keuntungan zeolit sebagai sistem pembawa obat adalah dapat meningkatkan keefektifan obat, mengontrol pelepasan obat, mencegah kerusakan obat dan tidak memiliki efek toksik pada tubuh bahkan memberikan aktivitas antikanker. Laju pelepasan obat yang terkontrol mampu meningkatkan efektivitas obat dan bahkan mengurangi efek samping. Tujuan penggunaan zeolit sebagai DDS (*Drug Delivery System*) di antaranya untuk meningkatkan kontrol dosis obat pada tempat spesifik seperti sel, jaringan atau organ, sehingga efek samping yang tidak diinginkan oleh organ non target berkurang (Winarti, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Palevic dkk. (2000) menunjukkan bahwa perawatan pada mencit dan anjing menggunakan zeolit alam klinoptilolit terhadap penyakit kanker dapat meningkatkan keefektifan obat dalam menghambat sel kanker. Bahkan, uji toksisitas pada mencit dan anjing menunjukkan bahwa zeolit tidak memberikan efek negatif terhadap tubuh.

Penelitian yang telah dilakukan Vilaca dkk. (2011) menggunakan zeolit sebagai pengemban senyawa atau obat CHC (*α -cyano-4-hydroxycinnamic acid*) menunjukkan bahwa penggunaan zeolit sebagai pengemban CHC memberikan efek hambat 110 kali lipat dibandingkan tanpa menggunakan zeolit. Penelitian lanjutan oleh Vilaca dkk. (2013) melaporkan bahwa penggunaan zeolit sebagai pengemban

senyawa atau obat antikanker berupa 5-FU (*fluorouracil*) dapat meningkatkan efisiensi obat. Pada sel HCT-15 efisiensi obat meningkat dari 1,9 ke 7,6 kali lipat sedangkan pada sel RKO efisiensi meningkat dari 1,6 ke 4,3 kali lipat.

Penelitian yang dilakukan Rahimi dkk. (2012) tentang uji pelepasan vitamin larut lemak (vitamin A, D₃, dan E) yang diimbangkan pada suatu zeolit jenis klinoptilolit sebagai sistem pembawa obat (*Drug Delivery System*) menyatakan bahwa jumlah vitamin yang dilepas akan lebih tinggi setelah diimbangkan pada zeolit. yaitu mencapai 20-24 % seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Perubahan jumlah vitamin pada simulasi pH gastrointestinal dengan dan tanpa zeolit

Penelitian oleh Yaneva dkk. (2018) menunjukkan bahwa proses enkapsulasi antioksidan secara termodinamika bersifat endotermik, spontan, dan dapat direalisasikan. Efisiensi pelepasan vitamin E yang dicapai dalam simulasi cairan lambung selama 180 menit berada dalam Recommended Daily Allowance (RDA) untuk manusia yaitu setara dengan 6,66 IU (1 IU bentuk sintetis setara dengan 0,45 mg α -tokoferol). Efisiensi dalam hal ini mengarah pada pelepasan obat dari bentuk

sediaan yang bersifat tidak memisahkan dan melepaskan obat secara perlahan. Pranoto (2012) mengatakan bahwa semua sampel zeolit alam tanpa perlakuan aktivasi telah memiliki kemampuan menghambat senyawa radikal bebas meskipun jauh lebih rendah dari pada asam askorbat (kontrol positif).

2.3 Metode Impregnasi Kering

Impregnasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti penjuhan atau pemenuhan dengan gas atau cairan. Impregnasi dilakukan pada pengembanan yang tidak terdapat kation atau anion yang dipertukarkan. Metode impregnasi diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan perbandingan volume larutan sampel dengan volume pori pengemban, yaitu impregnasi kering dan impregnasi basah. Impregnasi kering (*Dry Impregnation*) adalah metode impregnasi dengan menggunakan perbandingan volume larutan sampel sebanding dengan volume pori pengemban dalam kisaran 1-1,2 kali volume pori pengemban. Impregnasi kering memiliki keuntungan bahwa penyaringan dihindari dan kebutuhan akan larutan diminimalkan. Sedangkan impregnasi basah adalah metode yang menggunakan perbandingan volume larutan sampel yakni 1,5 kali lebih banyak dari volume pori pengemban. Mekanisme impregnasi melalui beberapa tahapan penting antara lain, (1) kontak senyawa pengemban dengan larutan sampel untuk jangka waktu tertentu; (2) proses pengeringan; dan (3) aktivasi dengan kalsinasi (Siami, 2020).

Putra dan Mustika (2016) menguji potensi solasodin yang diembankan pada zeolit klinoptilolit berdasarkan variasi pH pada rentang 3, 5, 7, 9, dan 11 dengan variasi konsentrasi di antaranya 50, 100, 150, 200 dan 250 ppm

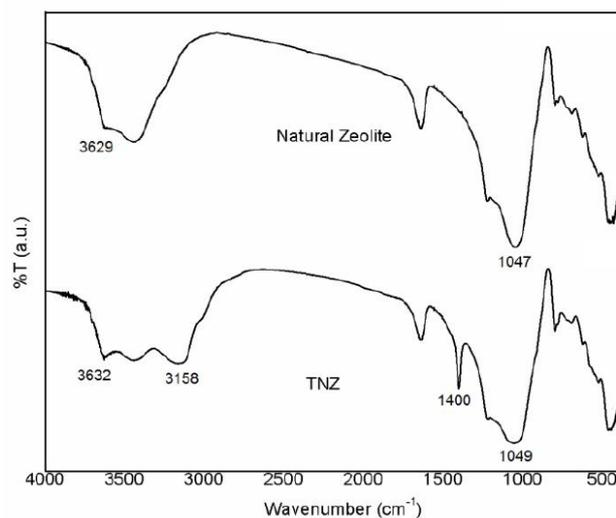
menunjukkan solasodin yang mulai terembankan pada pH 5 dan meningkat hingga pada pH 9. Hal ini terjadi karena gugus aktif zeolit yaitu silika dan alumina terprotonasi pada pH 3 (asam) sehingga zeolit tidak dapat menyerap solasodin. Gugus aktif zeolit mulai berkurang dan berikatan dengan solasodin pada pH 9. Ikatan yang terjadi pada solasodin dan zeolit adalah ikatan hidrogen yang dimungkinkan karena adanya gugus amina dan hidroksil pada solasodin, sedangkan interaksi yang dimungkinkan adalah interaksi elektrostatik dengan gugus silanol dan aluminol pada zeolit. Hal ini mampu menjelaskan bahwa vitamin C atau asam askorbat dengan 2 gugus hidroksil akan mampu berikatan dengan atom oksigen pada gugus silanol dan aluminol pada zeolit membentuk suatu ikatan hidrogen yang kuat.

2.4 Karakterisasi Zeolit Alam dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR) adalah metode analisis yang didasarkan pada vibrasi atom-atom dalam suatu molekul. Suatu molekul akan mengadsorpsi gelombang radiasi inframerah apabila memiliki momen dipol listrik yang akan berubah selama vibrasi. Semakin besar momen dipolnya maka pita absorpsi akan semakin tajam. Molekul akan mengadsorpsi jika gelombang radiasi inframerah memiliki frekuensi yang sama dengan vibrasi molekul (Hudiyanti, 2018).

Karakterisasi zeolit dapat dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Selain itu keberhasilan impregnasi suatu senyawa pada zeolit juga dapat dianalisis menggunakan FTIR. *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) merupakan metode analisis menggunakan teknik spektroskopi inframerah dengan

rentang frekuensi $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Metode FTIR didasarkan pada molekul dengan gugus fungsi tertentu dan frekuensi spesifik yang dihubungkan dengan vibrasi dari atom gugus fungsi tersebut (Sibilia, 1996). Hasil analisis FTIR tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.7.

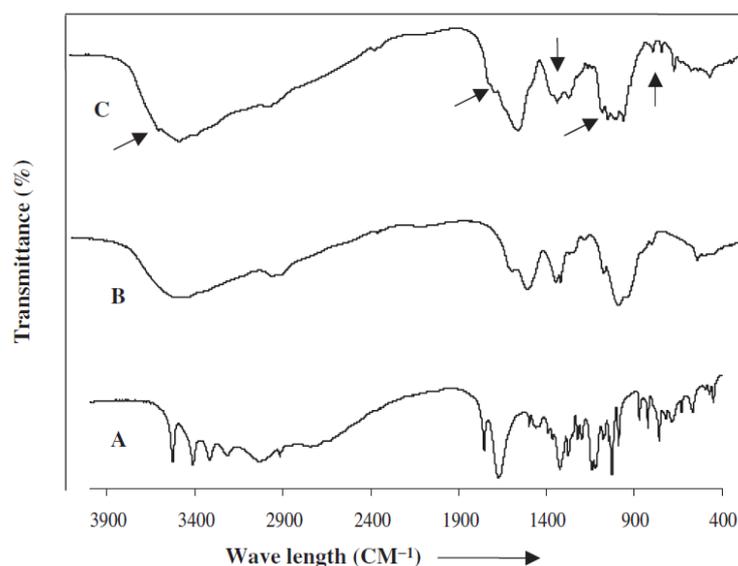


Gambar 2.7 Spekrum FTIR zeolit alam (Firdaus dan Prameswari, 2019)

Hasil spektrum FTIR pada zeolit alam memiliki serapan yang khas yaitu pada bilangan gelombang $1047\text{-}1049\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetri T–O–T (T = Si atau Al) dan bilangan gelombang 797 cm^{-1} menunjukkan adanya rentangan simetri O–Al–O atau O–Si–O pada internal tetrahedral (Firdaus dan Prameswari, 2019). Daerah serapan zeolit secara umum adalah sekitar $1200\text{-}300\text{ cm}^{-1}$ (Mozgawa, dkk., 2011). Pita serapan lebar pada bilangan gelombang $3629\text{-}3632\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan respon dari uap air yang timbul di spektra.

Penelitian oleh Desai dan Park (2005) telah melakukan enkapsulasi vitamin C dalam tripolifosfat mikrosfer kitosan yang saling terkait menggunakan metode *spray drying*. Karakterisasi dilakukan pada sampel vitamin C, kitosan dan hasil enkapsulasi keduanya. Serapan puncak vitamin C murni yang ditunjukkan

pada Gambar 2.8 (A) adalah 1141, 1321, dan 1673 cm^{-1} menunjukkan vibrasi regangan dan tekuk dari gugus C=O dan OH yang ada dalam molekul vitamin C. Kitosan juga menunjukkan serapan puncak pada 1072, 1384, 1560, dan 3426 cm^{-1} . Sedangkan spektra FTIR pada Gambar 2.8 (C) membuktikan bahwa enkapsulasi vitamin C pada kitosan berhasil dengan ditunjukkannya pergeseran dan penurunan frekuensi pita oleh serapan vitamin C pada pita serapan kitosan (ditunjukkan panah).



Gambar 2.8 Spektra FTIR pada (A) vitamin C murni, (B) mikrosfer kitosan, dan (C) hasil enkapsulasi (Desai dan Park, 2005)

Yaneva dkk. (2018) melakukan penelitian enkapsulasi senyawa antioksidan berupa vitamin E pada zeolit alam jenis klinoptilolit. Hasil karakterisasi FTIR pada hasil enkapsulasi antioksidan menunjukkan pergeseran pita yang cenderung mengalami penurunan frekuensi. Pergeseran tersebut terjadi pada pita serapan zeolit alam 3473, 1201, 790, dan 468 cm^{-1} menjadi frekuensi yang lebih rendah pada hasil enkapsulasi vitamin E yaitu 3465, 1197, 773, dan 445 cm^{-1} .

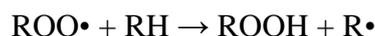
Penurunan frekuensi pada 3400 cm^{-1} (pita peregangan OH dari zeolit yang berikatan kuat dengan H) menunjukkan bahwa molekul vitamin E yang teradsorpsi melibatkan ikatan H dengan atom oksigen molekul air zeolit. Sedikit pergeseran pita serapan pada 796 cm^{-1} (untuk zeolit) menjadi 773 cm^{-1} (untuk zeolit yang mengandung vitamin E) dengan penurunan yang signifikan dalam intensitas spektrum mineral yang dimuat. Sedikit deformasi spektrum zeolit pada 914 cm^{-1} akibat dari vibrasi peregangan trans- CH_2 dari vitamin E. Pita vibrasi FTIR vitamin E yang khas dalam spektrum zeolit yang mengandung antioksidan memberikan bukti adanya vitamin dalam matriks zeolit.

2.5 Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH

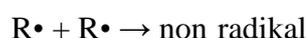
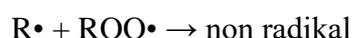
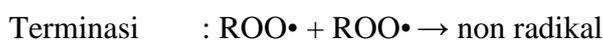
Antioksidan adalah senyawa penyumbang elektron (donor elektron) yang dapat menghambat reaksi oksidasi dengan cara mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif (Winarsih, 2007). Menurut Burke (2006), antioksidan adalah molekul yang menetralkan radikal bebas dengan cara menerima atau memberikan elektron untuk mengeliminasi kondisi yang tidak berpasangan. Selanjutnya, antioksidan menjadi radikal yang tidak reaktif pada proses netralisasi. Radikal antioksidan ini dapat dinetralkan oleh antioksidan lain atau dengan mekanisme lain yang dapat menghentikan radikal.

Mekanisme umum kerja antioksidan adalah menghambat oksidasi lemak. Oksidasi lemak terdiri dari tiga tahapan utama yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi. Tahap inisiasi terjadi pembentukan radikal asam lemak yaitu suatu senyawa turunan asam lemak ($\text{R}\bullet$) yang bersifat tidak stabil dan sangat reaktif akibat hilangnya satu atom hidrogen ($\text{H}\bullet$). Tahap selanjutnya, yaitu tahap propagasi

dimana radikal asam lemak bereaksi dengan oksigen membentuk radikal peroksi (ROO•). Radikal peroksi tersebut menyerang asam lemak serta menghasilkan hidroperoksida (ROOH) dan radikal asam lemak baru (R•) (Nugroho, 2013):



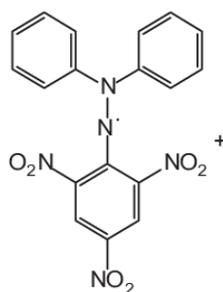
Hidroperoksida yang terbentuk bersifat tidak stabil dan akan terdegradasi lebih lanjut menghasilkan senyawa-senyawa karbonil rantai pendek seperti aldehida dan keton yang bertanggung jawab atas rasa makanan berlemak. Tanpa adanya antioksidan, reaksi oksidasi lemak akan mengalami terminasi melalui reaksi antara radikal bebas membentuk kompleks bukan radikal (Nugroho, 2013):



Antioksidan terdapat dalam beberapa bentuk diantaranya vitamin, mineral, dan reagen. Berbagai tipe antioksidan bekerja sama melindungi sel normal dan menetralkan radikal bebas makanan seperti vitamin C, vitamin E, flavonoid, dan karoten (Andayani dkk., 2008). Berdasarkan sumbernya antioksidan dapat dikelompokkan mejadi dua kelompok yaitu, antioksidan sintetis dan antioksidan alami. Antioksidan sintetis adalah antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesis kimia. Antioksidan alami adalah hasil ekstraksi bahan alam tumbuhan yang memiliki kandungan antioksidan (Kulisic, dkk., 2006). Vitamin C (L- Asam askorbat) merupakan suatu antioksidan alami yang paling penting dan larut dalam

air. Vitamin C secara efektif menangkap radikal-radikal O_2^\bullet , OH^\bullet , ROO^\bullet dan juga berperan dalam regenerasi vitamin E (Suriyawati, 2018).

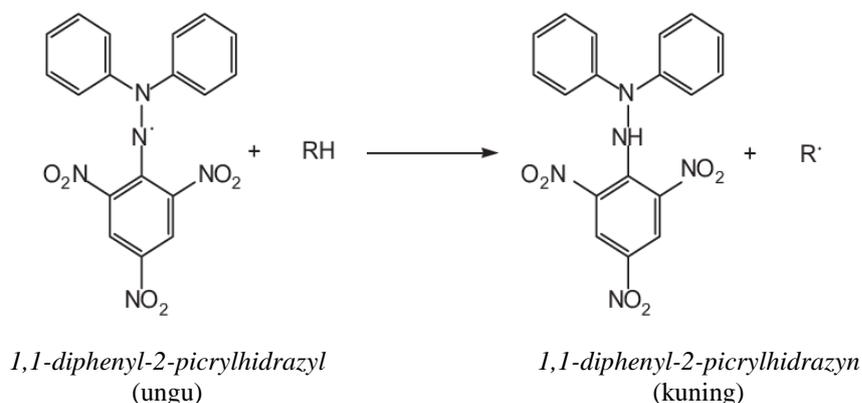
Salah satu metode yang paling sering digunakan dalam menguji aktivitas antioksidan adalah menggunakan metode DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*) yang mempunyai rumus molekul $C_{18}H_{12}N_5O_6$ dengan massa molar (Mr) sebesar 394,33. Metode DPPH merupakan metode yang dapat mengukur aktivitas total antioksidan baik dalam pelarut polar maupun nonpolar serta mampu mengukur semua komponen antioksidan, baik yang larut dalam lemak maupun dalam air (Prakash, dkk., 2001). Metode DPPH dipilih karena sederhana, mudah, hanya memerlukan sedikit sampel dan waktu yang singkat. Metode ini dapat bekerja dengan baik menggunakan pelarut metanol atau etanol dimana kedua pelarut ini tidak mempengaruhi reaksi yang terjadi (Molyneux, 2004). Rumus bangun DPPH ditampilkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rumus bangun DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*) (Molyneux, 2004)

Reaksi antara DPPH dengan antioksidan membentuk *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl* yang tidak bersifat radikal. Mekanisme penangkapan radikal DPPH oleh antioksidan adalah dengan mendonasikan proton ke radikal. Ketika radikal DPPH bereaksi dengan suatu senyawa antioksidan yang dapat mendonorkan radikal

hidrogen, maka radikal DPPH akan terus terinduksi membentuk DPPH-H. Terjadi perubahan warna dari ungu menjadi kuning ketika elektron radikal bebas DPPH berpasangan dengan hidrogen dari penangkap radikal bebas atau antioksidan. Perubahan warna yang semakin memudar ditunjukkan dengan adanya penurunan serapan dari DPPH pada panjang gelombang optimumnya yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang sekitar 515-520 nm (Prakash, dkk., 2001). Reaksi antioksidan dengan molekul DPPH dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Reaksi antara antioksidan dengan molekul DPPH (Prakash, dkk., 2001)

Aktivitas antioksidan suatu senyawa dapat dinyatakan dalam nilai IC_{50} (*Inhibition Concentration*). Menurut Andayani dkk. (2008), besarnya aktivitas antioksidan ditandai dengan nilai IC_{50} , yaitu konsentrasi larutan sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas DPPH. Semakin kecil nilai IC_{50} suatu senyawa uji maka senyawa tersebut semakin efektif sebagai penangkal radikal bebas (Rohman dan Riyanto, 2005). Jika nilai IC_{50} suatu senyawa antioksidan sebesar <50 ppm maka aktivitas antioksidannya masuk dalam kategori

sangat kuat, nilai IC_{50} antara 50-100 ppm kategori kuat, nilai IC_{50} di antara 100-150 ppm kategori sedang, nilai IC_{50} berada di antara 150-200 ppm kategori lemah, sedangkan apabila nilai $IC_{50} > 200$ ppm maka dikategorikan sangat lemah (Tristantini, dkk., 2016). Aktivitas penangkapan radikal bebas dapat dinyatakan dalam satuan persen (%) aktivitas antioksidan. Nilai 0% artinya sampel tidak memiliki aktivitas antioksidan. Nilai presentase lebih atau sama dengan 50% dikatakan aktif sebagai antioksidan, sedangkan nilai 100 % artinya uji aktivitas antioksidan perlu dilanjutkan dengan pengenceran sampel untuk mengetahui batas konsentrasi aktivitasnya.

Nishizawa dkk. (2005) melaporkan bahwa vitamin C sering digunakan sebagai pembanding atau sampel kontrol dalam uji aktivitas antioksidan karena merupakan salah satu sumber antioksidan yang larut dalam air, mudah diperoleh, dan banyak dikonsumsi masyarakat. Vitamin C mudah mengalami oksidasi oleh radikal bebas karena memiliki ikatan rangkap dan adanya 2 gugus -OH yang terikat pada ikatan rangkap tersebut. Radikal bebas akan menangkap atom hidrogen dan menyebabkan muatan negatif pada atom oksigen yang selanjutnya akan terstabilkan melalui resonansi, sehingga menghasilkan radikal bebas yang stabil dan tidak membahayakan (Cholisoh dan Utami, 2008).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2021 hingga Februari 2022 di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan diantaranya *beaker glass*, oven, aluminium *foil*, spatula, neraca analitik, *magnetic stirrer*, *hot plate*, botol semprot, pipet ukur, bola hisap, labu ukur, tabung reaksi, rak tabung reaksi, penjepit kayu, mortal batu agate, alat pengepres, spektrofometer *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dan spektrofotometer UV-Vis.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu vitamin C standart (asam askorbat), zeolit alam Bandung, akuades, Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 , etanol p.a, HCl 37 %, padatan KBr, dan DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*).

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan pengujian aktivitas antioksidan terhadap vitamin C yang diembankan pada zeolit alam sebagai *drug delivery system* suatu senyawa antioksidan. Pengujian secara eksperimental tersebut dilakukan di laboratorium dengan tahap awal yaitu preparasi dan aktivasi zeolit alam. Zeolit alam diayak terlebih dahulu menggunakan ayakan 230 mesh untuk diperoleh ukuran partikel zeolit yang seragam. Selanjutnya, proses aktivasi zeolit alam menggunakan asam kuat yaitu HCl 6 M untuk menghilangkan pengotor dan partikel-partikel lain yang masih bercampur dengan zeolit. Vitamin C yang telah larut diembankan kedalam zeolit alam menggunakan metode impregnasi kering dengan variasi vitamin C dan zeolit alam 5:5, 5:10, dan 5:15. Kemudian campuran dihomogenkan selama 48 jam (2 hari). Setelah campuran homogen, dioven untuk memaksimalkan hasil impregnasi. Selanjutnya sampel vitamin C, zeolit alam, dan kombinasi antara vitamin C dengan zeolit alam dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk menentukan keberhasilan hasil impregnasi.

Tahap selanjutnya, diuji aktivitas antioksidan sampel vitamin C, zeolit dan vitamin C/zeolit alam dengan metode DPPH (triplo), lalu dibandingkan kandungan antioksidannya (IC_{50}). Selanjutnya, sampel hasil pengembanan yang memiliki aktivitas antioksidan terbesar diuji pelepasannya pada variasi pH untuk mengetahui laju pelepasan terkontrol dari sampel tersebut pada pH tertentu.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Preparasi dan aktivasi zeolit alam

2. Pengembanan vitamin C pada zeolit alam
3. Karakterisasi hasil impregnasi menggunakan FTIR
4. Uji aktivitas antioksidan
5. Uji pelepasan vitamin C yang diembankan pada zeolit dengan variasi pH

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam diayak dengan ayakan 230 mesh dan ditimbang sebanyak 100 gram. Selanjutnya zeolit direndam ke dalam 200 mL akuades dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam pada suhu kamar. Kemudian zeolit yang sudah dipreparasi ditimbang sebanyak 50 gram dan direndam dalam 200 mL HCl 6 M. Selanjutnya, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam. Setelah itu, zeolit yang telah teraktivasi disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH filtrat netral. Endapan kemudian dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 100 °C (Botianovi, 2012). Padatan zeolit dikalsinasi selama 4 jam pada suhu 400 °C dan dikeringkan selama 3 jam pada suhu 130 °C.

3.5.2 Pengembanan Vitamin C pada Zeolit Alam menggunakan Metode Impregnasi Kering

Pengembanan vitamin C ke dalam zeolit alam dilakukan dengan mencampur antara keduanya menggunakan metode impregnasi kering sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Amorim dkk. (2012). Padatan vitamin C dilarutkan terlebih dahulu dalam akuades dan kemudian diembankan pada zeolit alam dengan perbandingan sebagai berikut:

1. Vitamin C 50 mg/10 mL: 50 mg zeolit alam (5:5)
2. Vitamin C 50 mg/10 mL: 100 mg zeolit alam (5:10)
3. Vitamin C 50 mg/10 mL: 150 mg zeolit alam (5:15)

Kemudian masing-masing campuran tersebut dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* (300 rpm) selama 48 jam pada suhu kamar. Selanjutnya, hasil pengembanan vitamin C dengan zeolit alam dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C hingga sampel menjadi kering. Masing-masing hasil pengembanan dikarakterisasi menggunakan FTIR.

3.5.3 Karakterisasi Menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Karakterisasi dengan FTIR dilakukan pada zeolit alam, vitamin C dan hasil impregnasi. Tahap awal, sampel diambil sebanyak 10 mg dan dihaluskan menggunakan mortal batu *agate* hingga menjadi serbuk yang halus dengan dicampurkan padatan KBr. Sampel kemudian ditempatkan di preparat dan dipres menggunakan alat pengepres untuk membentuk pelet. Pelet selanjutnya ditempatkan pada *sample holder* dan dianalisis menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} .

3.5.4 Uji Aktivitas Antioksidan

3.5.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum DPPH

Etanol p.a dipipet sebanyak 3 mL, kemudian ditambahkan 0,2 mM larutan DPPH sebanyak 1 mL. Setelah itu dimasukkan dalam kuvet dan dicari λ_{maks} untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

3.5.4.2 Pengukuran Aktivitas Antioksidan pada Sampel

Sampel dilarutkan dalam pelarut etanol dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Ekstrak masing-masing konsentrasi dipipet 3 mL dan ditambahkan 1 mL DPPH 0,2 mM. Perlakuan tersebut diulangi sebanyak tiga kali. Kemudian divortex dengan suhu ruang hingga homogen. Setelah itu, diinkubasi dengan suhu 37 °C selama 30 menit dan selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{maks} yang telah didapatkan. Data absorbansi yang diperoleh dari tiap konsentrasi sampel dihitung nilai persen (%) aktivitas antioksidannya (Indranila dan Ulfa, 2015):

$$\% \text{ Aktivitas antioksidan} = \frac{(\text{Absorbansi kontrol} - \text{Absorbansi sampel})}{\text{Absorbansi kontrol}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Kontrol yang digunakan yaitu larutan DDPH 0,2 mM sebanyak 1 mL dalam 3 mL etanol. Pembanding asam karboksilat (vitamin C) dan zeolit alam diperlakukan seperti sampel. Setelah didapatkan persen (%) inhibisi antioksidan, selanjutnya masing-masing sampel dihitung nilai IC₅₀ dengan memperoleh persamaan regresi linear menggunakan program Excel.

3.5.4.3 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini yakni menghitung nilai IC₅₀ dilakukan dengan menggunakan software “*graphPad prism8 software*” dengan persamaan non regresi linier “*Regression for analyzing dose-response data*” yang menyatakan hubungan antara log konsentrasi ekstrak dengan persen (%) inhibisi antioksidan

(Bariyyah dkk., 2013). Semakin kecil nilai IC₅₀ maka semakin tinggi kemampuan antioksidannya.

3.5.5 Uji Pelepasan Vitamin C

3.5.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Sampel vitamin C standar dibuat konsentrasi 100 ppm dengan pelarut akuades pada volume sebesar 5 mL. Selanjutnya, dimasukkan dalam kuvet dan dicari λ_{maks} antara 200-400 nm untuk digunakan pada tahap selanjutnya. Dilihat panjang gelombang mana yang memberikan serapan maksimum (Almukstiyah, dkk., 2010).

3.5.5.2 Analisis Laju Pelepasan Vitamin C/Zeolit Alam

Sampel yang digunakan adalah sampel vitamin C/Zeolit Alam dengan nilai IC₅₀ terbaik yang ditimbang sebanyak 0,01 gram. Selanjutnya, dilarutkan dalam 5 mL HCl 0,1 N untuk pH 1,2 yang mensimulasikan pH lambung dan 5 mL HCl 0,1 N ditambah larutan buffer fosfat untuk pH 7,4 mensimulasikan pH usus. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirer* hingga larut dengan kecepatan 100 rpm pada suhu ruang selama 24 jam. Selanjutnya, larutan diambil 5 mL setiap interval waktu 0,00; 0,08; 0,25; 0,50; 0,75; 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 dan 24 jam (Yang, dkk., 2012). Kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang telah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya, dibuat kurva absorbansi pembanding kurva standar. Laju pelepasan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Drug release (\%)} = \frac{\text{Vit C released of specified time}}{\text{Vit C loaded}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

3.5.5.3 Kurva Standar Vitamin C

Vitamin C diambil sebanyak 0,1; 0,4; 0,7 dan 1 mL. Ditambahkan akuades hingga volume total mencapai 5 mL, sehingga diperoleh vitamin C dengan konsentrasi berturut-turut 20, 80, 140 dan 200 ppm. Kemudian campuran divortex pada kecepatan 100 rpm sampai homogen di suhu ruang (Yang, dkk., 2012). Selanjutnya, dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang ditentukan sebelumnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil karakterisasi vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam muncul serapan khas vitamin C yakni vibrasi ulur C=O pada panjang gelombang 1762 cm^{-1} , vibrasi ulur cincin C=C pada 1688 cm^{-1} dan vibrasi C-O pada 1147 cm^{-1} . Serapan khas zeolit juga muncul yaitu vibrasi ulur Si-O-Si pada panjang gelombang 1045 cm^{-1} .
2. Aktivitas antioksidan pada vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam dengan variasi 5:5, 5:10 dan 5:15 menghasilkan nilai IC_{50} berturut-turut yaitu 7,789 ppm, 6,744 ppm dan 6,006 ppm. Ketiga sampel hasil pengembanan memiliki aktivitas antioksidan dengan kategori sangat kuat.
3. Hasil uji pelepasan vitamin C yang diimbangkan pada zeolit alam dengan aktivitas antioksidan terbesar yaitu 5:15 pada pH lambung sebesar 7,2808% dan pada pH usus sebesar 73,7188%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan uji pelepasan obat dengan variasi waktu yang lebih lama (lebih dari 24 jam) untuk mengetahui pelepasan maksimal vitamin C dari zeolit alam.
2. Perlu dilakukan kajian secara termodinamika pada uji pelepasan obat untuk mengetahui secara signifikan proses pelepasan vitamin C pada zeolit.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhlaghi S. P., Berry, R. M., and Tam, K. C. 2015. Modified Cellulose Nanocrystal for Vitamin C Delivery. *AAPS PharmSciTech*. 16(2). 306–14.
- Almatsier, S. 2005. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Almuksiti, F., Ika Y. A., dan Didik, S. 2010. Profil Disolusi In Vitro Tablet Levofloksasin Generik dan Levofloksasin Non Generik. *Pharmacy*. Vol.7.
- Amalia, L., Irwan, I., dan Hiola, F. 2020. Analisis Gejala Klinis dan Peningkatan Kekebalan Tubuh untuk Mencegah Penyakit Covid-19. *Jambura Journal of Health Sciences and Research*. 2(2): 71–76.
- Amalia, S., Khalifah, S. N., Baroroh, H., Muiz, A., Rahmatullah, A., Aini, N., Aqli, M. R., Umam, M. N., Isnaini, I. A., and Suryana, R. 2019. Biodiesel Production from Castor Oil Using Heterogeneous Catalyst KOH/Zeolite of Natural Zeolite Bandung Indonesia. *AIP Conference Proceedings*.
- Amorim, R., Vilaca, N., Martinho, O., Reis, R. M., Sardo, M., Rocha, J., and Neves, I. C. 2012. Zeolite Structures Loading with an Anticancer Compound As Drug Delivery System. *The Journal of Physical Chemistry*. 25642-25650.
- Andayani, R. Y., Lisawati, dan Maimunah. 2008. Penentuan Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolat Total, dan Likopen pada Buah Tomat (*Solanum lycopersicum L.*). *Jurnal Sains dan Teknologi farmasi*. 13(1): 1-9.
- Ardhiany, S. 2019. Pengaruh Ukuran Mesh Adsorben Zeolit dan Konsentrasi HCl pada Pengolahan Limbah Pencelupan Kain Jumputan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 10(2): 1–2.
- Arief, S., Nasmiati, D., dan Imelda. 2013. Studi Membran Anorganik Berbahan Dasar dari Alam serta Potensinya sebagai Filter. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Atikah, W. S. 2017. Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Arena Tekstil*. 32(1): 17-24.
- Augustine, R. L. 1996. *Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemist*. New York : Marcel Dekker Inc.

- Badriyah, L. dan Manggara, Algafari B. 2015. Penetapan Kadar Vitamin C Pada Cabai Merah (*Capsium annuul.*) Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Wiyata*. 2(1).
- Baerlocher, C. H., McCusker, L. B., and Olson, D. H. 2007. *Atlas of Zeolite Framework Types, 6th Edn.* Amsterdam: Elsevier.
- Bakar, B. A. 1989. *Tafsir Terjemah Al-Maragi*. Semarang: PT Toha Putra.
- Bariyyah, S. K., Hanapi, A., Fasya, A. G., dan Abidin, M. 2013. Uji Aktivitas Antioksidan Terhadap DPPH dan Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Ekstrak Kasar Mikroalga *Chlorella Sp.* Hasil Kultivasi dalam Medium Ekstrak Tauge. *Alchemy*. 2(3): 195–204.
- Barrer, R. M. 1982. *Hydrothermal Chemistry of Zeolite*. London: Academic Press.
- Bish, David and Grey, Bill C. 2001. *Natural zeolites: Occurrence, Properties, Applications*. Washington D.C: Mineralogical Society of America.
- Breck, D. W. 1974. *Zeolite Molecular Sieves. Structure, Chemsitry and Use*. New York: John Willey and Sons.
- Buettner, G. R., and Juckiewicz, B. A. 1996. Catalytic Metals, Ascorbate and Free Radicals: Combinations to Avoid. *Radiation Research Society*. 532-541.
- Burke, A., Smyth, E., dan Fitz, G. G. A. 2006. Analgesic-Antipyretic Agents; Pharmacotherapy of Gout. *Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics*. Ed.11th. New York: McGraw-Hill Companies Inc. 666-706.
- 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.
- Cholisoh, Z., dan Utami, W. 2008. Aktivitas Penangkap Radikal Ekstrak Etanol 70% Biji Jengkol (*Archidendron jiringa*). *Pharmacon*. 9: 33–40.
- Desai, K. G. H. and Park, H. J. 2005. Encapsulation of Vitamin C in Tripplyphosphate Cross-linked Chitosan Microspheres by Spray Drying. *Journal of Microencapsulation*. 22(2): 179-192.

- Dyer, A. 1988. *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*. New York: Willey and Sons.
- Dorland, W.A. 2010. *Kamus Kedokteran Dorland, Edisi 31*. Jakarta : EGC.
- Eisenwagen, Sandra and Pavelic, K. 2020. Potential Role of Zeolites in Rehabilitation of Cancer Patients. *Arch Physioter Rehabil.* 3(2): 29-40.
- Ersoy, B., and Çelik, M. S. 2002. Electrokinetic Properties of Clinoptilolite with Mono- and Multivalent Electrolytes. *Microporous and Mesoporous Materials.* 55(3): 305–312.
- Firdaus, M., and Prameswari, M. D. 2019. Synthesis of 2,2,4-trimethyl-2,3-dihydro-1H-1,5-benzodiazepine Using Treated Natural Zeolite Catalyst. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis.* 14(1): 9–16.
- Garcia, E. J., Oldoni, T. L. C., Alencar, S. M., Reis, A., Loguercio, A. D., and Grande, R. H. M. 2012. Antioxidant Activity by DPPH Assay of Potential Solutions to be Applied on Bleached teeth. *Brazilian Dental Journa.* 23: 22-27.
- Gustandy, M., dan Soegihardjo, C. J. 2013. Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Radikal 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil dan Penetapan Kandungan Fenolik Total Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanol Buah Anggur Bali (*Vitis vinifera L.*). *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas.* 10 (2): 109-120.
- Hapsari, D. S. 2006. Penggunaan Zeolit Alam yang Telah Diaktivasi dengan Larutan HCl untuk Menyerap Logam-logam Penyebab Kسادahan Air. *Skripsi.* Semarang. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Hayati, T. 2011. Aktivitas Antioksidan Beberapa Tanaman Obat Menggunakan Zeolit Alam sebagai Bahan Penompang. *Thesis.* Bogor. Program Studi Kimia Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hirvonen, J., Laaksonen, T., and Peltonen. 2008. Feasibility of Silicon-Based Mesoporous Materials for Oral Drug Delivery Applications. *Dosis.* 24(2).
- Hudiyanti, D., Triana, D., dan Parsaoran, S. 2017. Studi Pendahuluan tentang Enkapsulasi Vitamin C dalam Liposom Kelapa (*Cocos nucifera L.*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi.* 20 (1): 5-8.

- Hudiyanti, D. 2018. *Fosfolipida: Biosurfaktan*. Sleman: Deepublish.
- Indranila dan Ulfah, M. 2015. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Karika (*Carica Pubescens*) dengan Metode DPPH beserta Identifikasi Senyawa Alkaloid, Fenol dan Flavonoid. *Prosiding Seminar Nasional Peluang sebagai Alternatif Medicine*.
- Ipek, H., Avci, M., Aydilek, N., and Mugdat, Y. 2012. The effect of zeolite on oxidant/antioxidant status in healthy dairy cows. *Acta Vet Brno*. 81: 43-47.
- Iskandar, A. 2008. *Modifikasi Zeolit*. Jakarta: FMIPA UI.
- Jacob, R. A and Sotoudeh, G. 2002. Vitamin C Function and Status In Chronic Disease. *Nutr Clin Care*. 5: 66-74.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Kulusic, T., Dragović-Uzelac, V., and Miloš, M. 2006. Antioxidant activity of Aqueous Tea Infusions Prepared from Oregano, Thyme and Wild Thyme. *Food Technology and Biotechnology*. 44(4): 485–492.
- Laila, A. K. 2016. Uji Aktivitas Antikanker Payudara T47D Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Amona muricata* Linn) yang Diembankan pada Zeolit NaX. *Skripsi*. Malang. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Las, I. 2004. *Pengelolaan Variabilitas Iklim untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional*. Jakarta: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan.
- Lilbaiq, F. Z. 2017. Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Sirsak yang Diembankan pada Zeolit NaX menggunakan Metode Impregnasi Kering Sebagai Antikanker Payudara. *Skripsi*. Malang. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Marvita, S. S., Anis, Y. C., dan Dolih, G. 2021. Penggunaan Polimer Golongan Polisakarida untuk Enkapsulasi Zat Aktif dengan Perbedaan Sifat Keasaman. *Majalah Farmasetika*. 6(4): 322-343.
- Molyneux, P. 2004. The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 211–219.

- Moshoeshoe, M., Nadiye-Tabbiruka, M. S., and Obuseng, V. 2017. A Review of Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites. *American Journal of Materials Science*. 7(5): 196-221.
- Motulsky, H dan Christopolus, A. 2003. *Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression. A Practical Guide to Curve Fitting*. San Diego: Graphpad Software Inc.
- Mozgawa, W., Krol, M., and Barczyk, K. 2011. FT-IR Studies of Zeolites from Different Structural Groups. *Chemik*. 65(7): 667-674.
- Nishizawa, M., Kohno, M., Nishimura, M., Kitagawa, A., and Niwano, Y. 2005. Non-reductive Scavenging of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) by Peroxyradical: A Useful Method for Quantitative Analysis of Peroxyradical. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 53(6): 714–716.
- Nugroho, N. A. 2013. *Manfaat dan Pengembangan Kunyit*. Ungaran: PT Trubus Agriwidya.
- Octaviani, L. F. 2014. Pengaruh Berbagai Konsentrasi Gula terhadap Aktivitas Antioksidan dan Tingkat Penerimaan Sari Buah Buni (*Antidesma bunius*). *Skripsi*. Semarang. Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Pabalan, R. T., and Bertetti, F. P. 2001. Cation-exchange Properties of Natural Zeolites. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*.
- Pakaya, D. 2014. Peranan Vitamin C pada Kulit. *Jurnal Ilmiah Kedokteran*. 1(2): 45–54.
- Palevic, K., Hadzija, M., Bedrica, L., Pavelic, J., Dikic, I., Katic, M., and Colic, M. 2000. Natural Zeolit Clinoptilolite: New Adjuvant in Anticancer Therapy. *J.Mol.Med*. 1-26.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H., and Onus, A. N. 2004. Orchard Management in Sustainable Fruit Production Use of Natural Zeolite (Clinoptilolite) in Agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12: 183–189.
- Prakash, A., Rigelhof, F., and Miller, E. 2001. Antioxidant Activity. *Medallion Laboratories Analytical Progress*. 10(1)-2.

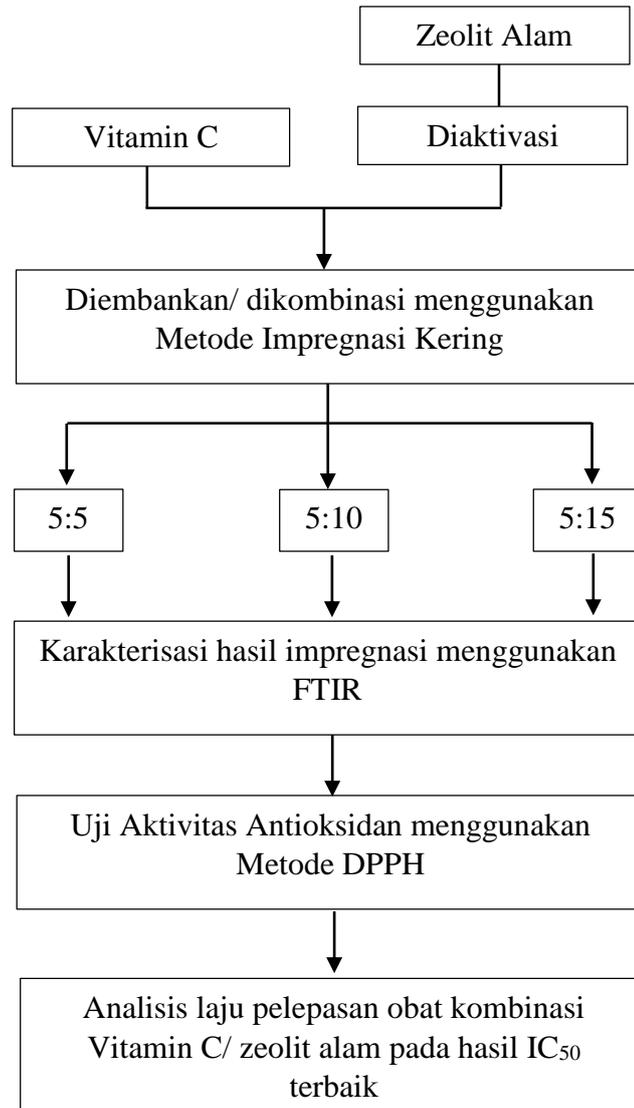
- Pranoto, D. R. 2012. Potensi Zeolit Alam sebagai Antioksidan. *Skripsi*. Bogor. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Putra, I. M. W. A. dan Mustika, I. G.. 2016. Potensi Zat Aktif Antikanker Solasodin Terenkapsulasi pada Zeolit Klinoptilolit sebagai Sistem Pengantar Obat (*Drug Delivery System*). *Cakra Kimia-Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*.4.
- Rahimi, M., Mobedi, H., Behnamghader, A., Nateghi, B. A., Mivehchi, H., and Biazar, E. 2012. Fat-Soluble Vitamins Release Based on Clinoptilolite Zeolite as an Oral Drug Delivery System. *Letters in Drug Design and Discovery*. 9(2): 213–217.
- Rahmawati, S. 2008. Teka-teki Pilihan Pelajaran Kimia Nama-nama Mineral Zeolit. *Thesis*. Bandung. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung.
- Rohman, A., dan Riyanto, S. 2005. Aktivitas Antioksidan Buah Mengkudu. *In Agritech*. 25(3): 131–136.
- Rosdiana, T. 2006. Pencirian dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi. *Skripsi*. Bogor. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Sagita, F. 2018. Sintesis dan Karakterisasi TiO₂/Zeolit Variasi Komposisi dengan Metode Sol-Gel. *Skripsi*. Malang. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Said, M., Prawarti, A. W., dan Murenda, E. 2008. Aktivasi Zeolit Alam sebagai Adsorben pada Adsorpsi Larutan Iodium. *Jurnal Teknik Kimia*. 15(4):50-56.
- Serati-Nouri, H., Jafari, A., Roshangar, L., Dadashpour, M., Pilehvar-Soltanahmadi, Y., and Zarghami, N. 2020. Biomedical Applications of Zeolite-Based Materials: A review. *Materials Science and Engineering C*. 116. 111225.
- Sherwood, Lauralee. 2001. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Edisi 2. Jakarta: EGC.
- Shiddieqy, M. H. T. 2000. *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur*. Semarang: Pustaka Rizki Utama

- Shihab, Q. 2002. *Tafsir Al-Mishbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Penerbit Lentra Hati.
- Siami, L. N. 2020. Aktivitas *Doxorubicin* Diembankan pada Zeolit Sodalit (SOD) sebagai Obat Antikanker Payudara (T47D). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Sibilia, P. 1996. *Guide to Material Characterization and Chemical Analysis*, 2nd Edition. New York: John Willey-VCH.
- Socrates, G. 2004. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies Tables and Charts*. New York: John Wiley and Sons.
- Sudarmadji, S. B., Haryono dan Suhardi. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suriyawati, N. 2018. Uji Aktivitas Antioksidan Etanol 96% Kombinasi Kunyit Putih (*Curcuma Zedoaria Rosc.*) dan Buah Pare (*Momordica suriya Charantia L.*) Menggunakan Metode DPPH (1,1 Difenil-2-pikrilhidrazil). *Skripsi*. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Suryana, R. 2018. Pengaruh Variasi Penambahan KOH/Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Katalis Heterogen pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak (*Ricinus communis*) dalam Pembuatan Biodiesel. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Sutarti, M, dan Rachmawati. 1994. *Zeolit Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Tristantini, D., Ismawati, A., Pradana, B. T., dan Gabriel, J. 2016. Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH pada Daun Tanjung (*Mimusops elengi L.*). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. ISSN 1693-4393.
- Utubira, Y., Wijaya, K., Triyono, T., and Sugiharto, E. 2010. Preparation and Characterization of TiO₂-Zeolite and Its Application to Degrade Textille Wastewater by Photocatalytic Method. *Indonesian Journal of Chemistry*. 6(3).
- Vilaca, N., Amorim, R., Martinho, O., Reis, R. M., Baltazar, F., Fonseca, A. M., and Neves, I. C. 2011. Encapsulation of α -cyano-4-hydroxycinnamic Acid Into A NaY Zeolite. *Journal of Materials Science*. 46(23): 7511–7516.

- Vilaca, N., Amorim, R., Machado, A. F., Parpot, P., Pereira, M. F. R., Sardo, M., Rocha, J., Fonseca, A. M., Neves, I. C., and Baltazar, F. 2013. Potentiation of 5-fluorouracil Encapsulated in Zeolites as Drug Delivery Systems for in Vitro Models of Colorectal Carcinoma. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 112: 237–244.
- Winahyu, D. A., Retnaningsih, A., dan Aprillia, M. 2019. Penetapan Kadar Flavonoid pada Kulit Batang Kayu Raru dengan Metode Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Analis Farmasi*. 4(1): 29-36.
- Winarsih, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.
- Winarti, L. 2013. Sistem Penghantaran Obat Tertarget, Macam, Jenis-jenis Sistem Penghantaran, dan Aplikasinya. *Stomatognatic (J. K. G Unej)*. 10(2): 75–81.
- Yaneva, Z. L., Georgieva, N. V., Bekirska, L. L., and Lavrova, S. 2018. Drug Mass Transfer Mechanism, Thermodynamics, and In Vitro Release Kinetics of Antioxidant-Encapsulated Zeolite Microparticles As a Drug Carrier System. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. 32(3): 281–298.
- Yang, Shuibing, Wei L., Chengmei L., Weilin L., Guihong T., Huijuan Z., and Wei Z. 2012. Characterization and Bioavailability of Vitamin C Nanoliposomes Prepared by Film Evaporation-Dynamic High Pressure Microfluidization. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 33: 1608-1614.
- Yao, G., Lei, J., Zhang, X., Sun, Z., Zheng, S., dan Komarneni, S. 2018. Mechanism of Zeolite X Crystallization from Diatomite. *Materials Research Bulletin*. 107: 132–138.
- Yuliusman, Widodo W. P., Yulianto S. N., dan Yuda P. 2010. Preparasi Zeolit Alam Lampung dengan Larutan HF, HCl dan Kalsinasi untuk Adsorpsi Gas CO₂. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. ISSN: 1441-4216. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Yuniastuti, A. 2008. *Air dan Cairan Tubuh*. Gizi dan Kesehatan, 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu. 75-80.
- Zarrintaj, P., Mahmodi, G., Manouchehri, S., Mashhadzadeh, A. H., Khodadadi, M., Servatan, M., Ganjali, M. R., Azambre, B., Kim, S., Ramsey, J. D., Habibzadeh, S., Saeb, M. R., and Mozafari, M. 2020. Zeolite in Tissue Engineering: Opportunities and Challenges. *MedComm*. 1(1): 5–34.

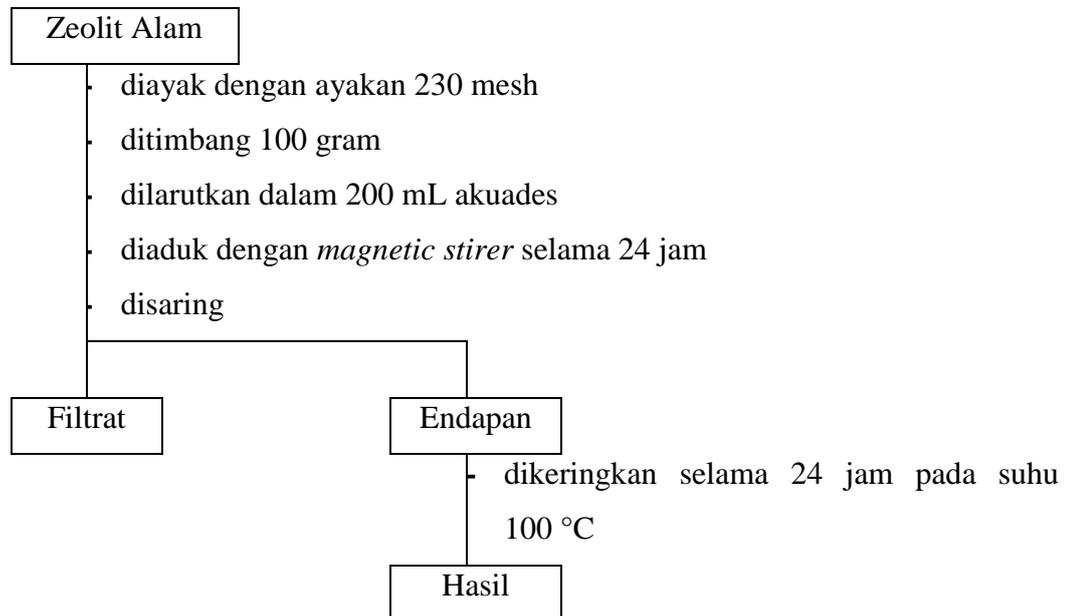
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian

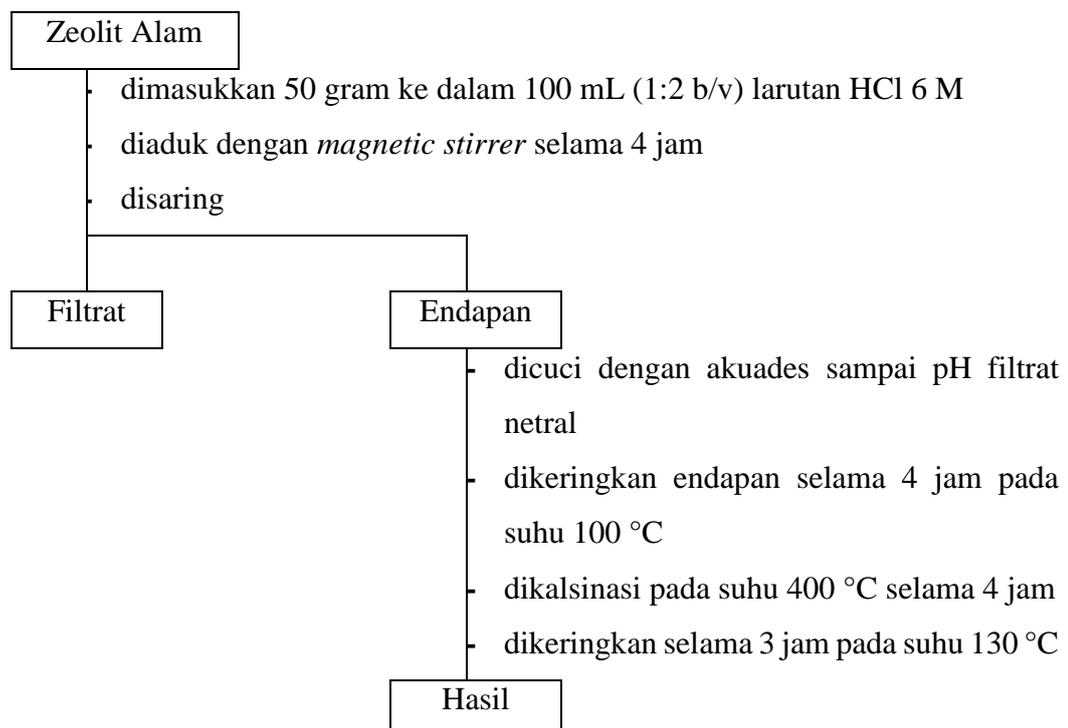


Lampiran 2. Diagram Alir

L.2.1 Preparasi Zeolit Alam



L.2.2 Aktivasi Zeolit Alam



L.2.3 Vitamin C pada Zeolit Alam Menggunakan Metode Impregnasi Kering

Sampel

- diembankan vitamin C ke dalam dengan zeolit alam dengan perbandingan :
 - vitamin C 50 mg : 50 mg zeolit alam (5:5)
 - vitamin C 50 mg : 100 mg zeolit alam (5:10)
 - vitamin C 50 mg : 200 mg zeolit alam (5:15)
- dicampurkan menggunakan *magnetic stirrer* dalam 300 rpm selama 48 jam pada suhu kamar
- dikeringkan hasil pengembanan dalam oven pada suhu 40 °C sampai kering

Hasil

L.2.4 Analisis Menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

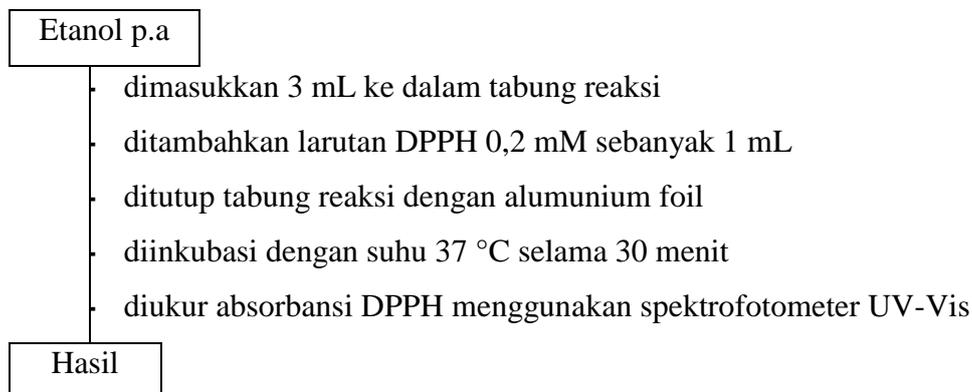
Zeolit alam dan hasil pengembanan

- dihaluskan sebanyak 10 mg menggunakan mortal batu *agate*
- dicampurkan dengan padatan KBr
- ditempatkan pada preparat
- dipres dengan alat pengepres untuk membentuk pelet
- ditempatkan pada sampel *holder*
- dikarakterisasi menggunakan FTIR

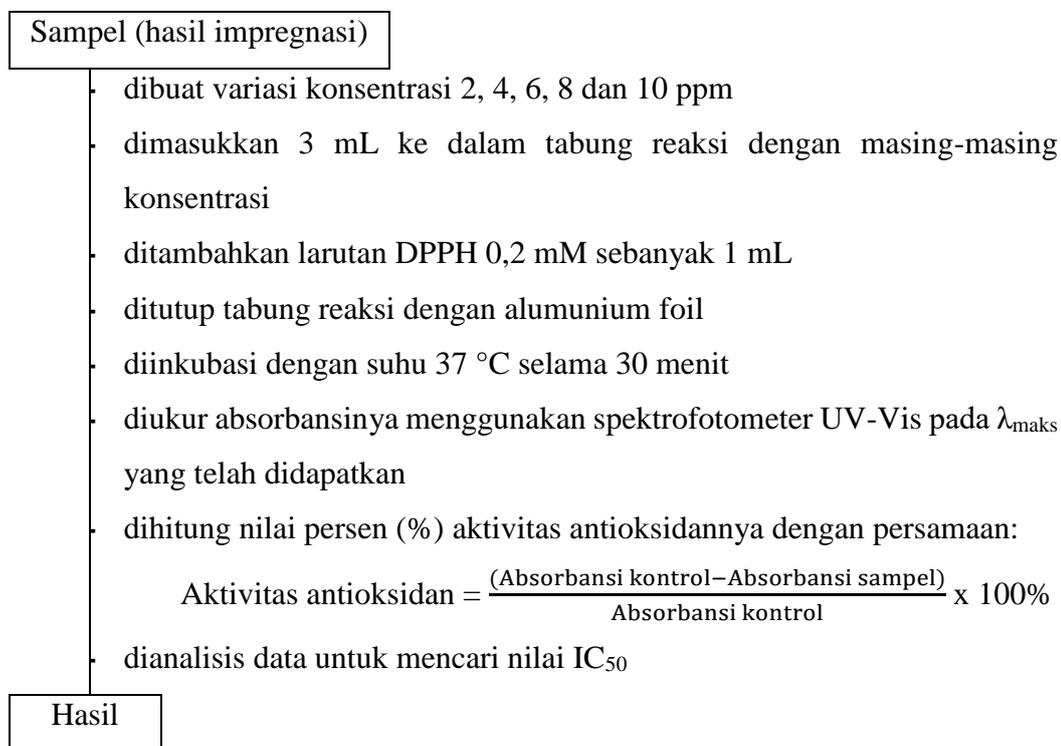
Hasil

L.2.5 Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin C/Zeolit Alam menggunakan DPPH

L.2.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum



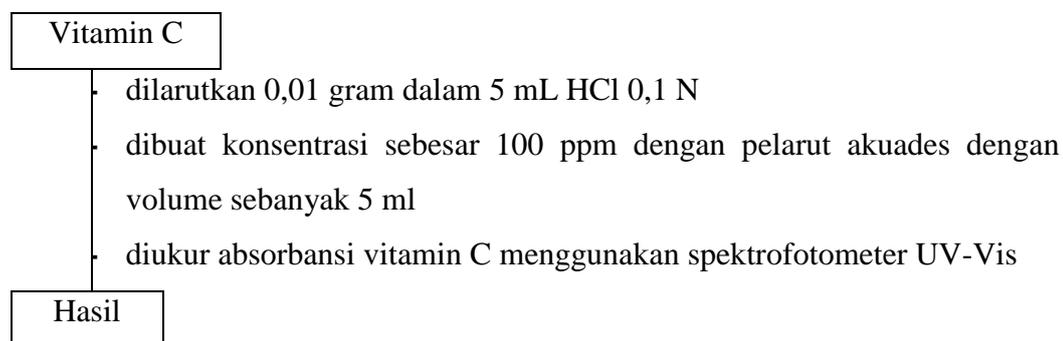
L.2.5.2 Pengukuran Aktivitas Antioksidan pada Sampel



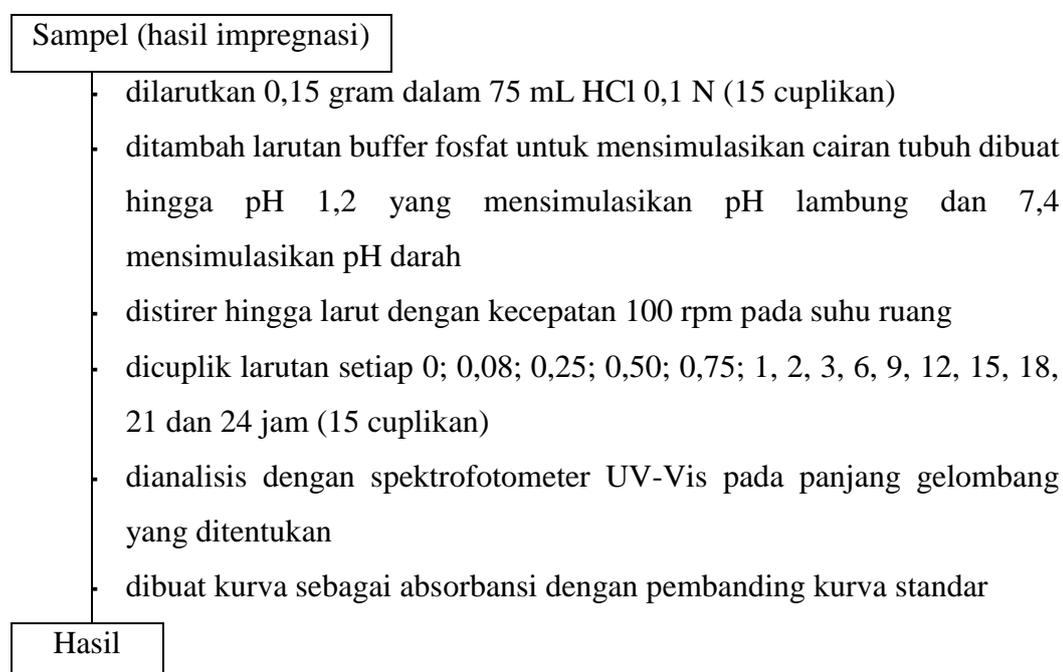
- diulangi dengan cara yang sama terhadap senyawa pembanding yaitu vitamin C (asam askorbat)

L.2.6 Uji Pelepasan Vitamin C

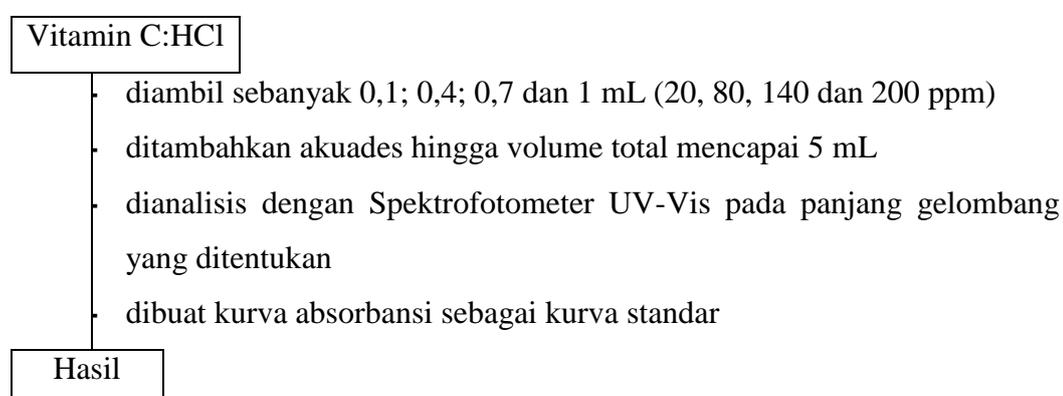
L.2.6.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum



L.2.6.2 Analisis Laju Pelepasan Obat dari Vitamin C/ Zeolit Alam



L.2.6.2 Analisis Standar Vitamin C



Lampiran 3. Perhitungan dan Pembuatan Larutan

L.3.1 Pembuatan Larutan HCl 6 M dan 0,1 N

Berat jenis HCl pekat	: 1,19 g/mL = 1190 g/L
Konsentrasi HCl pekat	: $37\% = \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g larutan}}$
Berat molekul HCl	: 36,500 g/mol
Ekivalen (n)	: 1 (jumlah mol ion H ⁺)
Mol HCl	: $\frac{\text{g HCl}}{\text{Mr HCl}} = \frac{37 \text{ g}}{36,500 \text{ g/mol}} = 1,014 \text{ mol}$
HCl dalam 100 g larutan	: $\frac{100 \text{ g}}{1190 \text{ g/L}} = 0,084 \text{ L}$
Molaritas	: $\frac{\text{mol}}{\text{V (L)}} = \frac{1,014 \text{ mol}}{0,084 \text{ L}} = 12,071 \text{ M}$
Normalitas	: n x Molaritas = 1 x 12,071 M = 12,071 N
Volume HCl yang dipipet	: $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ $12,071 \text{ M} \times V_1 = 6 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$ $V_1 = 49,706 \text{ mL}$
	: $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ $12,071 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ N} \times 100 \text{ mL}$ $V_1 = 0,829 \text{ mL}$

Adapun prosedur pembuatan larutan HCl 6 M adalah larutan HCl pekat 37% dipipet sebanyak 49,706 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi ±15 mL akuades. Selanjutnya larutan HCl 37% ditambahkan akuades hingga tanda batas dan kemudian dikocok hingga homogen. Sedangkan prosedur pembuatan larutan HCl 1 N adalah larutan HCl pekat 37% dipipet sebanyak 0,829 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi ±15 mL akuades. Selanjutnya ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen.

L.3.2 Pengujian Aktivitas Antioksidan

L.3.2.1 Pembuatan Larutan DPPH 0,2 mM

DPPH 0,2 mM dalam 20 mL etanol 95 %

Mr DPPH : 394,33 g/mol

$$\begin{aligned}
 \text{Mol DPPH} &: \text{volume DPPH} \times \text{M DPPH} \\
 &= 20 \text{ mL} \times 0,2 \text{ mM} \\
 &= 20 \text{ mL} \times \frac{0,2}{1000} \text{ M} \\
 &= 0,004 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa DPPH} &: \text{mol DPPH} \times \text{Mr DPPH} \\
 &= 0,004 \text{ mmol} \times 394,33 \text{ mg/mmol} \\
 &= 1,577 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah serbuk DPPH ditimbang sebanyak 1,577 mg (1,6 mg) dalam gelas beaker dan dilarutkan dalam etanol 95 %. Serbuk DPPH dimasukkan ke dalam labu ukur 20 mL lalu ditambahkan etanol 95 % hingga tanda batas dan kemudian dihomogenkan.

L.3.2.2 Pengukuran Potensi Antioksidan pada Sampel

L.3.2.2.1 Pembuatan Larutan Stok sampel 50 ppm dalam 25 mL Pelarut

$$\begin{aligned}
 \text{ppm} &= \frac{\text{mg}}{\text{L}} \\
 50 &= \frac{\text{mg}}{0,025 \text{ L}} \\
 \text{mg} &= 1,25
 \end{aligned}$$

Adapun dalam membuat larutan stok dengan konsentrasi 50 ppm sebanyak 25 mL diperlukan sampel sebanyak 1,25 mg. Prosedur pembuatan diawali dengan melarutkan 1,25 mg sampel dalam labu ukur 25 mL, lalu ditandabatkan dan dihomogenkan.

L.3.2.2.2 Pengukuran Potensi Antioksidan pada Sampel

Konsentrasi larutan sampel yang digunakan untuk pengukuran potensi antioksidan dibuat dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm. Variasi konsentrasi sampel diperoleh dari mengencerkan larutan stok sampel 50 ppm.

- **Larutan Sampel 2 ppm**

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 50 \text{ ppm} \times V_1 &= 2 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{2 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{50 \text{ ppm}} \\
 &= 0,4 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

- **Larutan Sampel 4 ppm**

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

$$50 \text{ ppm} \times V_1 = 4 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{4 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{50 \text{ ppm}}$$

$$= 0,8 \text{ mL}$$

- **Larutan Sampel 6 ppm**

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

$$50 \text{ ppm} \times V_1 = 6 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{6 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{50 \text{ ppm}}$$

$$= 1,2 \text{ mL}$$

- **Larutan Sampel 8 ppm**

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

$$50 \text{ ppm} \times V_1 = 8 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{8 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{50 \text{ ppm}}$$

$$= 1,6 \text{ mL}$$

- **Larutan Sampel 10 ppm**

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

$$50 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{50 \text{ ppm}}$$

$$= 2 \text{ mL}$$

Adapun dalam membuat 10 mL larutan sampel 2 ppm diperlukan larutan stok 50 ppm sebesar 0,4 mL. Perhitungan pembuatan larutan sampel variasi konsentrasi 4, 6, 8 dan 10 ppm dapat dilakukan dengan mengikuti cara di atas.

L.3.3 Pembuatan Larutan Buffer Fosfat 7,4

Adapun prosedurnya adalah dilarutkan 1,42 gram Na_2HPO_4 dengan akuades, kemudian ditandabatkan dengan akuades hingga 100 mL untuk membuat larutan Na_2HPO_4 0,1 M. Selanjutnya, dilarutkan 1,38 gram NaH_2PO_4 dengan akuades, kemudian ditandabatkan dengan akuades hingga 100 mL untuk membuat larutan NaH_2PO_4 0,1 M. Pembuatan larutan buffer fosfat pH 7,4 dengan

cara mencampurkan larutan Na_2HPO_4 0,1 M dan NaH_2PO_4 0,1 M hingga pH yang diinginkan yaitu pH 7,4 yang diukur dengan menggunakan pH meter.

L.3.4 Pembuatan Standar Vitamin C

Vitamin C sebanyak 0,1; 0,4; 0,7 dan 1 mL diencerkan dengan akuades, kemudian ditandabatkan dengan akuades hingga 5 mL sehingga diperoleh masing-masing konsentrasi 20; 80; 140 dan 200 ppm berdasarkan rumus berikut:

$$\frac{\text{volume sampel (vitamin C)}}{\text{volume total}} \times 1000 = \dots \text{ppm}$$

Lampiran 4. Data dan Perhitungan Hasil Penelitian

L.4.1 Perhitungan hasil pengembangan vitamin C pada zeolit alam menggunakan metode impregnasi kering

$$\% \text{impregnasi} = \frac{\text{berat awal sebelum impregnasi}}{\text{berat hasil sesudah impregnasi}} \times 100\%$$

Berat awal sebelum impregnasi = Berat vit c + berat zeolit

a. Kombinasi sampel uji vitamin C dan zeolit alam 5:5

Berat vitamin C	= 50 mg
Berat zeolit alam	= 50 mg
Berat awal sebelum impregnasi	= 50 mg + 50 mg = 100 mg
Berat endapan hasil impregnasi	= 101 mg

$$\% \text{impregnasi} = \frac{100 \text{ mg}}{101 \text{ mg}} \times 100\% = 99,01\%$$

b. Kombinasi sampel uji vitamin C dan zeolit 5:10

Berat vitamin C	= 50 mg
Berat zeolit alam	= 100 mg
Berat awal sebelum impregnasi	= 50 mg + 100 mg = 150 mg
Berat endapan hasil impregnasi	= 157,1 mg

$$\% \text{impregnasi} = \frac{150 \text{ mg}}{157,1 \text{ mg}} \times 100\% = 95,48\%$$

c. Kombinasi sampel uji vitamin C dan zeolit 5:15

Berat vitamin c	= 50 mg
Berat zeolit alam	= 150 mg
Berat awal sebelum impregnasi	= 50 mg + 150 mg = 200 mg
Berat endapan hasil impregnasi	= 201,2 mg

$$\% \text{impregnasi} = \frac{200 \text{ mg}}{201,2 \text{ mg}} \times 100\% = 99,40\%$$

L.4.2 Hasil Uji Aktivitas Antioksidan

L.4.2.1 Uji Aktivitas Antioksidan Impregnasi 5:5

Different curve for each data set

Best-fit values

Bottom = 0,000

Top = 100,0

LogIC50 0,8915

HillSlope 1,155

IC50 7,789

Span = 100,0

95% CI (profile likelihood)

LogIC50 0,7574 to 1,176

HillSlope 0,4588 to 2,116

IC50 5,719 to 15,01

Goodness of Fit

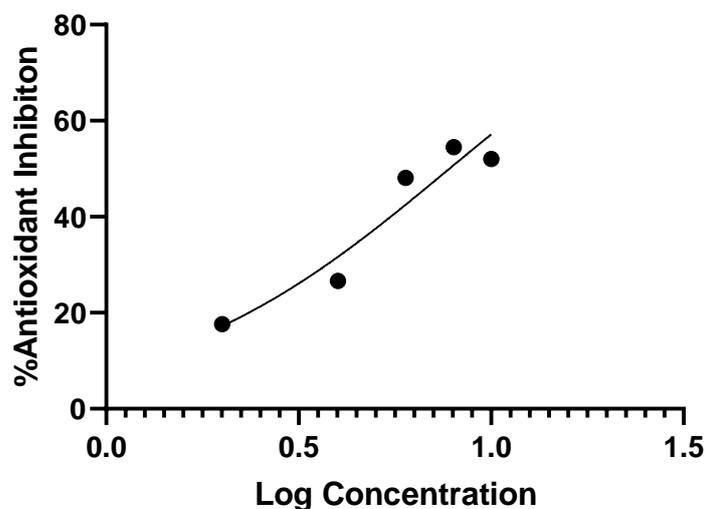
Degrees of Freedom 3

R squared 0,9121

Sum of Squares 96,53

Sy.x 5,673

Hasil Impregnasi 5:5



Gambar L.4.1 Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log konsentrasi impregnasi 5:5

L.4.2.2 Uji Aktivitas Antioksidan Impregnasi 5:10

Different curve for each data set

Best-fit values

Bottom = 0,000

Top = 100,0

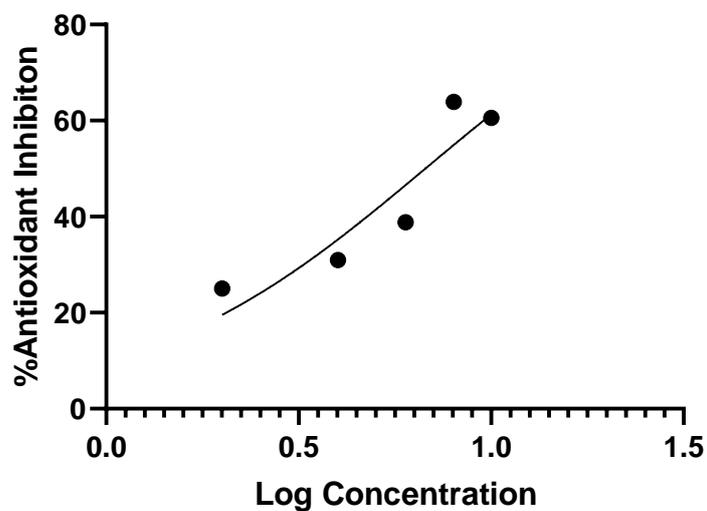
LogIC50 0,8289

HillSlope 1,164

IC50 6,744

Span	= 100,0
95% CI (profile likelihood)	
LogIC50	0,6179 to 1,337
HillSlope	0,2272 to 2,763
IC50	4,149 to 21,75
Goodness of Fit	
Degrees of Freedom	3
R squared	0,8457
Sum of Squares	189,2
Sy.x	7,941

Hasil Impregnasi 5:10



Gambar L.4.2 Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log konsentrasi impregnasi 5:10

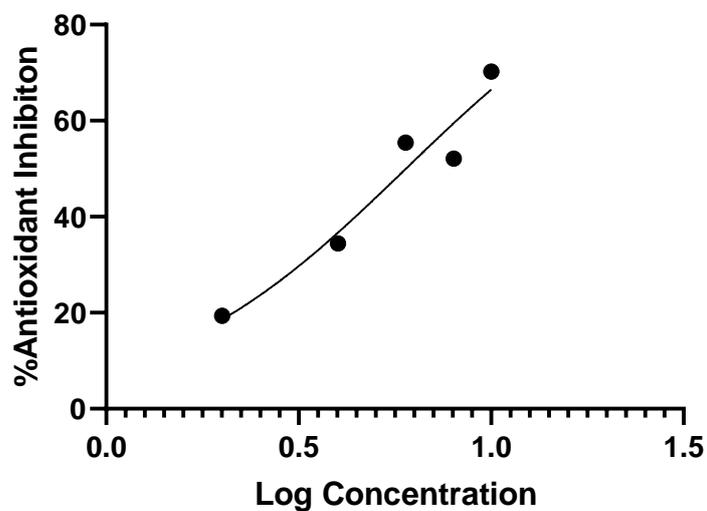
L.4.2.3 Uji Aktivitas Antioksidan Impregnasi 5:15

Different curve for each data set

Best-fit values

Bottom	= 0,000
Top	= 100,0
LogIC50	0,7786
HillSlope	1,343
IC50	6,006
Span	= 100,0
95% CI (profile likelihood)	
LogIC50	0,6466 to 0,9270
HillSlope	0,6304 to 2,336
IC50	4,432 to 8,452
Goodness of Fit	
Degrees of Freedom	3
R squared	0,9328
Sum of Squares	104,5
Sy.x	5,902

Hasil Impregnasi 5:15



Gambar L.4.3 Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log konsentrasi impregnasi 5:15

L.4.2.4 Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin C

Different curve for each data set

Best-fit values

Bottom = 0,000

Top = 100,0

LogIC50 0,9263

HillSlope 1,078

IC50 8,439

Span = 100,0

95% CI (profile likelihood)

LogIC50 0,8522 to 1,036

HillSlope 0,7318 to 1,476

IC50 7,116 to 10,85

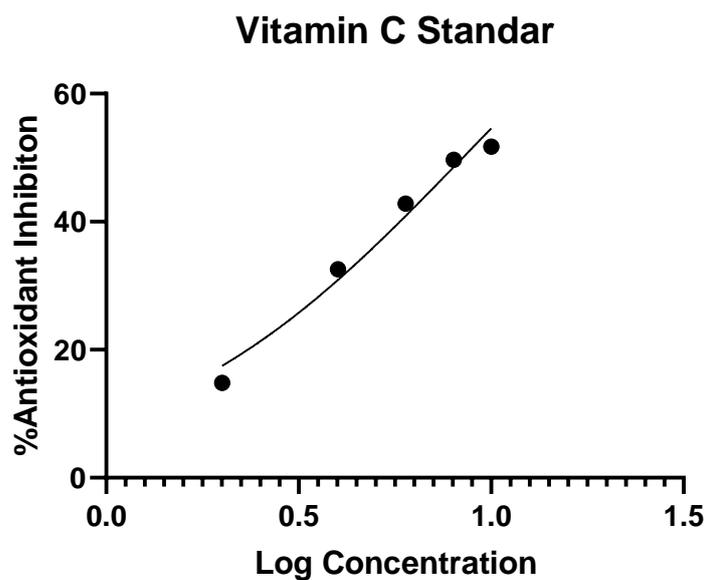
Goodness of Fit

Degrees of Freedom 3

R squared 0,9753

Sum of Squares 22,58

Sy.x 2,743



Gambar L.4.4 Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log konsentrasi vitamin C

L.4.2.5 Uji Aktivitas Antioksidan Zeolit Alam

Different curve for each data set

Best-fit values

Bottom = 0,000

Top = 100,0

LogIC50 1,291

HillSlope 0,4663

IC50 19,55

Span = 100,0

95% CI (profile likelihood)

LogIC50 1,073 to 1,967

HillSlope 0,2142 to 0,7360

IC50 11,83 to 92,73

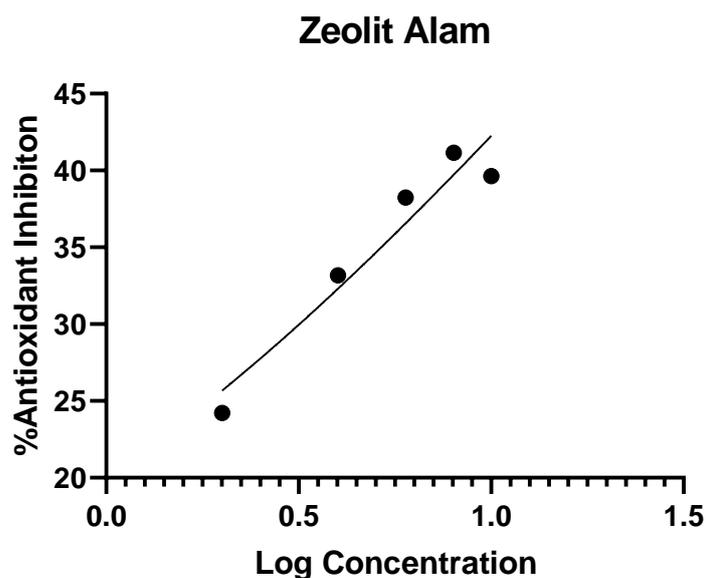
Goodness of Fit

Degrees of Freedom 3

R squared 0,9229

Sum of Squares 14,57

Sy.x 2,204



Gambar L.4.5 Grafik hubungan aktivitas antioksidan terhadap log konsentrasi zeolit alam

L.4.2 Uji Pelepasan Obat

Cara menghitung konsentrasi pelepasan vitamin C yakni dengan menggunakan persamaan garis $y = ax + b$ dari hasil kurva standar dengan memasukkan $y =$ absorbansi dan $x =$ konsentrasi, sehingga diperoleh hasil perhitungan konsentrasi.

$$y = 0,0184x + 0,0663$$

$$R^2 = 0,9892$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi vitamin C yang terlepas (x)} &= \frac{\text{absorbansi} - 0,0663}{0,0184} \\ &= \frac{0,0863 - 0,0663}{0,0184} = 1,0869 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\% \text{ efisiensi pelepasan (total)} = \frac{\text{total yang terlepas}}{\text{total vitamin C}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{pH asam} &= \frac{3,6404}{50 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 7,2808\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH basa} &= \frac{36,8594}{50 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 73,7188\% \end{aligned}$$