



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA #2

Prof. Dr. S. Loni, M.Pd.
"Membangun Negeri dari Sekolah"

"Peran Strategis Kimia Dan Pendidikan Kimia
Terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan
Dan Teknologi Dalam Revolusi 4.0 Di Era New
Normal"

11 DESEMBER 2021



Penerbit
FMIPA
Universitas Negeri Medan

ISBN: 978-602-9115-73-4

Prosiding

Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia #2

"Peran Strategis Kimia Dan Pendidikan Kimia Terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Dalam Revolusi 4.0 Di Era New Normal"

Diselenggarakan oleh:
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan

Gedung Syawal Gultom Lt. 3
FMIPA UNIMED
(Virtual Conference)

11 Desember 2021

THE
Character Building
UNIVERSITY



Prosiding

Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia #2

Penanggung Jawab :

Prof. Dr. Fauziah Harahap, M.Si
Dr. Jamalum Purba, M.Si
Dr. Ayi Darmana, M.Si

Dewan Redaksi :

Dr. Ani Sutiani, M.Si
Drs. Jasmidi, M.Si
Dr. Zainuddin Muchtar, M.Si
Dr. Ahmad Nasir Pulungan, M.Sc

Reviewer :

Prof. Manihar Situmorang, M.Sc, Ph.D
Prof. Dr. Retno Dwi Suyanti, M.Si
Prof. Dr. Ida Duma Riris, M.Si
Prof. Dr. Ramlan Silaban, MS
Dr. Asep Wahyu Nugraha, M.Si
Dr. Iis Siti Jahro, M.Si
Dr. Destria Roza, M.Si
Dr. Junifa Laila Sihombing, M.Sc
Dr. Lisnawaty Simatupang, M.Si
Dr. Herlinawati, M.Si
Nora Susanti, S.Si., Apt., M.Sc
Moondra Zubir, Ph.D

Editor :

Haqqi Annazili Nasution, S.Pd., M.Pd
Ricky Andi Syahputra, S.Pd., M.Sc
Feri Andi Syuhada, S.Pd., M.Pd
Susilawati Amdayani, S.Si., M.Pd
Siti Rahmah, S.Pd., M.Sc

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan
Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate, Medan 20221



SUSUNAN KEPANTIAN

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA#2

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan

11 Desember 2021

PEMBINA

Dekan FMIPA UNIMED : **Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si**

PENGARAH

Wakil Dekan 1 FMIPA UNIMED : **Dr. Jamalum Purba, M.Si**

Wakil Dekan 2 FMIPA UNIMED : **Dr. Ani Sutiani, M.Si**

Wakil Dekan 3 FMIPA UNIMED : **Dr. Rahmatsyah, M.Si**

PENANGGUNGJAWAB

Ketua Jurusan KIMIA UNIMED : **Dr. Ayi Darmana, M.Si**

WAKIL PENANGGUNGJAWAB

Sekretaris Jurusan KIMIA UNIMED : **Drs. Jasmidi, M.Si**

KETUA

Dr. Ahmad Nasir Pulungan, S.Si., M.Sc

SEKRETARIS

Haqqi Annazili Nasution, S.Pd., M.Pd

BENDAHARA

Susilawati Amdayani, S.Si., M.Pd

SEKSI IT, WEB DAN PUBLIKASI

1. **Dr. Zainuddin M, M.Si (Koordinator)**
2. Siti Rahmah, S.Pd., M.Sc
3. Ricky Andi Syahputra, S.Pd., M.Sc

SEKSI ACARA DAN PRESENTASI

1. **Moondra Zubir, M.Si., Ph.D (Koordinator)**
2. Makharany Dalimunthe, S.Pd., M.Pd

SEKSI ABSTRAK, DAN MAKALAH

1. **Dr. Lisnawaty Simatupang, M.Si (Koordinator)**
2. Dr. Herlinawati, M.Si
3. Muhammad Isa Siregar, S.Si., M.Pd

SEKSI ADMINISTRASI DAN KESEKRETARIATAN

1. **Dr. Destria Roza, M.Si (Koordinator)**
2. Nora Susanti, S.Si., M.Sc., A.Pt

SEKSI BIDANG PERLENGKAPAN DAN DOKUMENTASI

1. **Risdo Gultom, S.Pd., M.Pd (Koordinator)**
2. Feri Andi Syuhada, S.Pd., M.Pd

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Karunia dan Rahmat-Nya Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 yang telah diselenggarakan oleh Jurusan Kimia FMIPA UNIMED pada tanggal 11 Desember 2021 melalui *Virtual Conference* dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan prosiding ini.

Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia adalah seminar tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Kimia Unimed. Pada Seminar ke dua ini mengambil tema **“Peran Strategis Kimia Dan Pendidikan Kimia Terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Dalam Revolusi 4.0 Di Era New Normal”**. Melalui kegiatan seminar ini berbagai hasil penelitian, ide dan pemikiran peneliti di bidang kimia, praktisi kimia dan pendidikan kimia telah dipresentasikan.

Prosiding ini memuat karya tulis terdiri dari berbagai hasil penelitian dalam bidang kimia dan pendidikan kimia. Makalah yang dimuat dalam prosiding ini meliputi makalah dari *keynote dan invited speaker*, makalah dari pemalakah utama dari bidang Kimia meliputi sub bidang Kimia Analitik, Kimia Orgnik dan Anorganik, Kimia Fisik dan Polimer, Biokimia dan Bioteknologi dan makalah utama Pendidikan Kimia.

Semoga penerbitan prosiding ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan kimiawan, pengguna ilmu kimia dan pemerhati pendidikan kimia maupun pembaca lainnya dalam pengembangan penelitian dimasa akan datang. Akhir kata kepada semua pihak yang telah membantu, kami ucapkan terima kasih.

Medan, Juli 2022

Tim Editor

THE
Character Building
UNIVERSITY

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Assalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh,

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada pagi hari ini kita dapat berkumpul untuk mengikuti acara Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 Jurusan kimia FMIPA UNIMED dengan tema “Peran Strategis Kimia dan Pendidikan Kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal”. Dengan menghadirkan Dr. Harry Firman, M.Pd (UPI), Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng (UGM), Dr. Asep Wahyu Nugraha (UNIMED) sebagai *keynote speaker* dan Drs. Zulfan Mazaimi, M.Pd (Ketua PPSKI-Sumut), Dr. Eng. Yulia Eka Putri (Unand) dan Dr. Vivi Purwandari (Universitas Sarimutiara Indonesia) sebagai *invited speaker*.

Seminar Nasional ini diselenggarakan dengan tujuan untuk: 1) Mengkomunikasikan dan memfasilitasi interaksi professional antar komunitas kimia dan pendidikan Kimia di Indonesia untuk saling berbagai informasi dan 2) Meningkatkan kerjasama antara para pendidik, peneliti dan praktisi. Kegiatan Seminar Nasional ini diharapkan dapat menjadi forum pertemuan antara ilmuwan peneliti dalam bidang kimia, praktisi kimia, dan pendidikan kimia, serta *stake holder* lainnya untuk bekerjasama dan sharing terkait peran Strategis kimia dan pendidikan kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal. Untuk mencapai tujuan tersebut, kami panitia telah mengundang Dosen, peneliti, pendidik, mahasiswa dan pemerhati dalam bidang kimia dari berbagai instansi di wilayah tanah air. Undangan tersebut telah ditanggapi oleh registrasi peserta sebanyak 150 orang peserta dari berbagai kalangan dan wilayah Ujung Timur sampai Barat Indonesia dengan 86 peserta akan mempersentasikan makalahnya.

Akhir kata Kami panitia menyampaikan terimakasih kepada *keynote speaker* dan *invited speaker*, peserta dan pemakalah, juga segenap undangan kami atas peran sertanya dalam seminar ini. Panitia telah berusaha untuk mempersiapkan seminar ini dengan sebaik-baiknya, namun kami meminta maaf apabila terdapat kekurangan dalam pelayanan kami Kami. Kiranya kegiatan seminar nasional ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh

Medan, 11 Desember 2021
Ketua Panitia ,

Dr. Ahmad Nasir Pulungan, M.Sc
NIP. 198106182012121005

SAMBUTAN KETUA JURUSAN

Assalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh,

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kita dapat mengikuti acara Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 Jurusan kimia FMIPA UNIMED. Kami mengucapkan selamat datang kepada seluruh peserta seminar dan semoga kegiatan seminar ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu Kimia dan Pendidikan Kimia. Kegiatan Seminar ini juga diharapkan dapat menjadivadah bagi ilmuwan peneliti dalam bidang kimia, praktisi kimia, dan pendidikan kimia, serta *stake holder* lainnya untuk bekerjasama dan sharing terkait peran Strategis kimia dan pendidikan kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal.

Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 tahun 2021 ini bertema” peran Strategis kimia dan pendidikan kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal” Dengan menghadirkan Dr. Harry Firman, M.Pd (UPI), Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng (UGM), Dr. Asep Wahyu Nugraha (UNIMED) sebagai *keynote speaker* dan Drs. Zulfan Mazaimi, M.Pd (Ketua PPSKI-Sumut), Dr. Eng. Yulia Eka Putri (Unand) dan Dr. Vivi Purwandari (Universitas Sarimutiara Indonesia) sebagai *invited speaker*. Penyelenggaraan seminar nasional ini begitu penting bagi kami Jurusan Kimia FMIPA UNIMED dalam rangka meningkatkan peran serta mahasiswa dan dosen dalam kegiatan pertemuan ilmiah dan publikasi yang akan menunjang pada akreditasi Jurusan Kimia FMIPA UNIMED.

Saya selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA UNIMED mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh panitia yang telah bekerja keras untuk terselenggarakannya kegiatan seminar ini. Akhir kata, semoga apa yang menjadi tujuan dan harapan pada kegiatan Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia ini dapat terwujud serta dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh.

Medan, 11 Desember 2021
Ketua Jurusan FMIPA UNIMED

Dr. Ayi Darmana, M.Si
NIP. 196608071990101001

SAMBUTAN DEKAN

Assalamualaikum..W.Wbr.....Salam Sejahtera bagi kita semua,

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karuniaNya kita dapat mengikuti kegiatan Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 yang diselenggarakan oleh Jurusan Kimia FMIPA UNIMED. Kegiatan Seminar ini menghadirkan *keynote speaker* Dr. Harry Firman, M.Pd (UPI), Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng (UGM), Dr. Asep Wahyu Nugraha (UNIMED), dan *invited speaker* Drs. Zulfan Mazaimi, M.Pd (Ketua PPSKI-Sumut), Dr. Eng. Yulia Eka Putri (Unand) dan Dr. Vivi Purwandari (Universitas Sarimutiara Indonesia). Kami mengucapkan selamat datang kepada seluruh peserta seminar dan semoga kegiatan ini memberikan kontribusi positif bagi pengembangan Ilmu Kimia dan Pendidikan kimia.

Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNIMED telah ditetapkan sebagai kegiatan rutin yang diselenggarakan setiap tahunnya. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan kimia#2 tahun 2021 ini mengangkat tema “ Peran Strategis Kimia dan Pendidikan Kimia terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal”. Meski kita saat ini masih belum keluar dari masa pandemik CoVID-19, namun perkembangan teknologi yang begitu pesat di era industri 4.0 telah melahirkan peluang dan tantangan baru. Karenanya penelitian dalam bidang Kimia dan teknik pembelajarannya harus dapat berkontribusi pada peningkatan dan pengembangan ketrampilan digital (ICT) dalam proses pembelajaran, dan juga mampu mengintegrasikan teknologi tersebut dalam kegiatan penelitian dilaboratorium kimia. Peningkatan dan pengembangan tersebut tentu saja baik ditinjau dari sisi materi, teknologi pembelajaran, kegiatan penelitian, dan pembentukan karakter. Melalui kegiatan Seminar Nasional ini, Kami berharap bapak/ibu dapat bertukar pikiran untuk dapat mensinergikan hasil-hasil penelitian dikampus dengan kebutuhan masyarakat dan kolaborasi dengan stakeholder dan industri dalam rangka menterjemahkan tema diatas.

Akhir kata, Kami mengucapkan terimakasih kepada seluruh panitia yang telah bekerja keras untuk terselenggaranya kegiatan seminar ini.

Medan, 11 Desember 2021
Dekan FMIPA UNIMED

Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si
NIP. 1966072811991032002

DAFTAR ISI

SUSUNAN KEPANITIAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
SAMBUTAN KETUA PANITIA	v
SAMBUTAN KETUA JURUSAN	vi
SAMBUTAN DEKAN	vii
DAFTAR ISI	viii

Keynote & Invited Speaker

<i>Pendidikan Kimia 4.0</i> Harry Firman	1-7
<i>Riset Inovasi Nanomaterial Untuk Pembangunan Berkelanjutan</i> Karna Wijaya	8-10
<i>Penentuan Karakteristik Transisi Spin Pada Kompleks $[Fe_4(Htrz)_{10}(Trz)_5]Cl_3$ Menggunakan Perhitungan Kimia Komputasi Dengan Berbagai Fungsi/ Basis Set</i> Asep Wahyu Nugraha, Ani Sutiani, Muhamad A Martoprawiro dan Djulia Onggo.....	11-17
<i>SrTiO₃ Nanokubus: Material Penghasil Energi Listrik Alternatif (Termoelktrik)</i> Yulia Eka Putri, dkk.....	18-18
<i>Karakteristik Grafena dari Limbah Padat Kelapa Sawit</i> Vivi Purwandari	19-23
<i>Implementasi Pembelajaran Stem Berbasis Lingkungan Dalam Meningkatkan Penguasaan Konsep Sistem Koloid, Aktivitas Dan Kreativitas Peserta Didik SMAN. 2 Rantau Utara</i> Zulfan Mazaimi, Irma Sary, Fitriana Ritonga	24-31

Makalah Kimia

<i>Studi Awal Konversi Limbah Pelepah Kelapa Sawit Menjadi Bio-Oil Dengan Teknik Semi Fast Pyrolysis sebagai Sumber Bahan bakar Alternatif</i> Muhammad Irvan Hasibuan, dkk.....	32-38
<i>Review Artikel: Studi Potensi Biomassa Menjadi Bio-Oil Menggunakan metode Pirolisis sebagai sumber Energi Baru Terbaharukan</i> Hana Ria Wong, Muhammad Irvan Hasibuan, Agus Kembaren, Ahmad Nasir pulungan, Junifa Layla Sihombing.....	39-46
<i>Pengaruh Penambahan Cellulose Nanocrystal (CNC) Dari Kulit Durian Durio Zibethinus Murr Terhadap Karakteristik Bionanocomposite Edible Film Berbasis Gelatin</i> Yahya Indahsya, I Gusti Made Sanjaya.....	47-57
<i>Grafting Nanokomposit Karbon Nanotube Kitosan</i> Masdania Zurairah Siregar, Vivi Purwandari, Rahmad Rezeki.....	58-62
<i>Permodelan Molekul Senyawa Turunan 2-Aminokalkon Dengan Substitusi Pada Cincin B Sebagai Agen Antikanker</i> Sya sya Azzaythounah, Tico Guinnessha Samosir, Destria Roza.....	63-70
<i>Analisa Termal Bioplastik Dengan Bahan Pengisi Ekstrak Rambut Jagung</i> A Zukhruf Akbari, M Zaim Akbari, Gimelliya Saraih , Vivi Purwandari.....	71-74

<i>HKSA Antikanker Turunan 4-Aminochalcon Terhadap HeLa Dengan Metode Semiempiris CNDO Dan Regresi Linear</i> Alfrindah Priscilla Br. Simanjuntak dan Destria Roza.....	75-81
<i>Kajian Senyawa Kb Sebagai Kanker Nasofaring Epidermoid Menggunakan Metode CNDO (Hyperchem) Dan Regresi Linear (SPSS)</i> Hidayani dan Destria Roza	82-88
<i>Pemurnian Sulfur Dengan Proses Sublimasi</i> Hammid Al Farras , Felix Valentino Sianturi	89-92
<i>Penentuan Kandungan Antioksidan Total dari Infusa Bayam Hijau (Amaranthus Hybridus L.) Hidroponik dan Konvensional dengan Metode MPM</i> Yefrida, Widuri Rosman dan Refilda	93-98
<i>Docking Molekular Potensi Anti Inflamasi Protein Iq5 dengan Senyawa Turunan Kurkumin</i> Nurul Hidayah, Ruth Yohana Saragih, Destria Roza	99-103
<i>Pengaruh Ekstrak Etanol Daun Sarang Banua (Clerodendrum fragran Vent Willd) Terhadap Kadar Triglycerida Serum Tikus Yang Diberi Pakan Tinggi Lemak</i> Yohana Stefani Manurung dan Murniaty Simorangkir	104-109
<i>Hubungan Kuantitatif Struktur dan Aktivitas Senyawa Turunan 4-Aminochalcone terhadap Human T-Leukimia (CEM)</i> Hasri Tri Maya Saragih, dan Destria Roza.....	110-114
<i>ReNyirih: INOVASI EKSTRAK KINANG BERBASIS SOCIOPRENEUR</i> Sri Adelila Sari, Elva Damayanti Lubis, Syafira Fatimah Rizqi, Yulia Ayu Utami Tarigan, DwiAntika Br, Nasution, Eny Setiadi Saragih	115-119
<i>Review Artikel: Karakterisasi dan Aktivitas Lisozim serta Aplikasinya sebagai Antibakteri</i> Agustin Dwi Ayuningsih dan Mirwa Adiprahara Anggarani	120-125
<i>HKSA Senyawa Turunan Metoksi-Aminokalkon Terhadap Murine Leukemia (L1210) Menggunakan Metode Semiempiris CNDO Dan Regresi Linear</i> Elfrida Siregar dan Destria Roza	126-132
<i>Hubungan Kuantitatif Stuktur-Aktivitas Senyawa Turunan Aminokalkon Pada Sel Murine Mammary Carcinoma (FM3A) Menggunakan Metode CNDO (Hyperchem) Dan Regresi Linear (SPSS)</i> Suria Bersinar Siahaan1 Destria Roza	133-139
<i>Analysis Of Crude Protein (PK) , Carbohydrate And Moisture Content (KA) Levels In Fresh Leaves Of Guatemala Grass (Tripsacum laxum) In The Low Plants, Secanggang District Langkat District</i> Nur Asyiah Dalimunthe dan Muhammad Usman	140-143
<i>Uji Efektivitas Antibakteri Nanogel Bahan Aktif Ekstrak Kayu Manis (Cinnamomum Burmannii) Terhadap Staphylococcus aureus</i> Hestina, Erdiana Gultom, Vivi Purwandari	143-149
<u>Makalah Pendidikan Kimia</u>	
<i>Analisis Media Pembelajaran di SMA Swasta Kwala Begumit Kelas XI Kota Binjai Pada Masa Pandemi Covid19</i> Elsa Febrina Tarigan, Nurfajriani, Zainuddin Muchtar.....	150-154
<i>Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Elektronik Berbasis Android Dengan Pendekatan Contextual Teaching And Learning (CTL) Pada Materi Termokimia</i> Azizah Hawanif dan Feri Andi Syuhada	155-164

<i>Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Dengan Menggunakan Pendekatan Kontekstual Berbasis Multiple Representasi Pada Materi Laju Reaksi</i> Nurul Huda dan Feri Andi Syuhada	165-172
<i>Pengembangan Instrument Asessment Higher Order Thinking Skill (HOTS) Untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pada Materi Hidrolisis Garam</i> Alfi Rizkina Lubis, Ajat Sudrajat, Asep Wahyu Nugraha	173-181
<i>Analisis Model Rasch: Identifikasi Instrumen Tes Representasi Kimia Topik Materi Berdasarkan Kurikulum Cambridge</i> Mufti Muhammad Hamzah, E Eliyawati, Rika Rafikah Agustin	182-188
<i>Pengaruh Media Physics Education Technology (PhET) Terhadap Aktivitas Dan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Bentuk Molekul</i> Suci Setia Crise Manullang, Lisnawaty Simatupang	189-195
<i>Pengaruh Macromedia Flash Berbasis Model Problem Based Learning Terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa SMA pada Materi Laju Reaksi Inki</i> Yun Lamtiur dan Lisnawaty Simatupang	196-200
<i>Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Kimia Interaktif iSpring Presenter terhadap Hasil Belajar dan Motivasi Siswa pada Materi Laju Reaksi</i> Yoshe Vego Passarella Simarmata dan Ida Duma Riris	201-211
<i>Validasi dan Respon Media Video Animasi (PowToon) Berbasis Religius Pada Pembelajaran Ikatan Kimia</i> Ade Kurnia Putri Tanjung dan Ayi Darmana	212-218
<i>Pengembangan Model Pembelajaran Inovatif Berbasis Proyek Berorientasi Kkni Untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa</i> Bajoka Naingolan, Manihar Situmorang, Ramlan Silaban	219-229
<i>Pengembangan Sumber Belajar Inovatif Berbasis Proyek Untuk Materi Isolasi Senyawa Organik Bahan Alam Dalam Menghadapi Era New Normal</i> Dessy Novianty Pakpahan, Marham Sitorus, dan Saronom Silaban	230-235
<i>Implementasi Asesmen Kompetensi Minimum Materi Asam Basa Konteks Sainifik</i> Izza Nabilatunnisa, Wiwi Siswaningsih, Nahadi	236-244
<i>Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Menggunakan Macromedia Flash Terhadap Aktivitas Dan Hasil Belajar Ikatan Kimia</i> Siswa Cessya Novianindra Br Tarigan dan Gulmah Sugiharti	245-251
<i>Validitas Tes Diagnostik untuk Materi Pembelajaran Ikatan Kimia SMA</i> Winda Fourthelina Sianturi dan Zainuddin Muchtar	252-256
<i>Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Discovery Learning Pada Materi Asam Basa</i> Eratania Surbakti, Makharany Dalimunthe	257-267
<i>Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Kimia Koloid Berbasis Online untuk Siswa SMA</i> Elssya Dwi Imanuella Manullang, Ramlan Silaban	268-273
<i>Pengaruh Penggunaan Media Webblog Terhadap Motivasi Dan Hasil Belajar Siswa Sma Pada Materi Ikatan Kimia</i> Febiola Rohani Marpaung dan Murniaty Simorangkir	274-279
<i>Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Tes dan Non Tes Pada Materi Laju Reaksi</i> Freshya Sionitha Sembiring dan Haqqi Annazili Nasution	280-284
<i>Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Komputer Untuk Mengajarkan Laju Reaksi Pada Siswa SMA</i>	

Julianse Lydia Nababan dan Ramlan Silaban	285-290
<i>Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Ikatan Kimia</i>	
Sabrina Khairani Hasibuan dan Destria Roza	291-297
<i>Pengembangan Bahan Ajar Kontekstual Berbasis Evaluasi HOTS Untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Nilai Karakter Siswa Pada Materi Asam Basa di SMA N 4 Pematang Siantar</i>	
Frida Claudia Sianipar dan Marham Sitorus	298-308
<i>Pengembangan E-Modul Pembelajaran Pada Pembuatanbriket Limbah Kulit Durian Dan Sabut Kelapa Pada Materi Senyawa Hidrokarbon Kelas XI</i>	
Dessy Agustina, Julia Maulina, Hasrita Lubis	309-315
<i>Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Problem Based Learning (PBL) Pada Materi Ikatan Ion Dan Kovalen Untuk Kelas X</i>	
Ayu Inggrias Tuty dan Jamalum Purba	316-322
<i>Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Project Based Learning (PjBL) Pada Materi Ikatan Ion Dan Kovalen Untuk Kelas X</i>	
Else R Sigalingging dan Jamalum Purba	323-327
<i>Pengembangan Media Pembelajaran Terintegrasi Scrabble Berbasis Android Pada Materi Senyawa Hidrokarbon Kelas XI</i>	
Elmirawanti Sihite dan Nora Susanti	328-334
<i>Implementasi Animasi Flash Terhadap Aktivitas dan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Ikatan Kimia</i>	
Elsima Nainggolan dan Nora Susanti	335-341
<i>Analisis Respon Siswa Terhadap Aplikasi Daring sebagai Sumber Dan Media Belajar Alternatif Pada Mata Pelajaran Kimia Selama Pandemi</i>	
Jumasari Siregar dan Nurfajrian	342-345
<i>Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android dengan menggunakan Software Construct 2 pada Materi Laju Reaksi</i>	
Natalin Pertiwi Siahaan dan Nora Susanti	346-350
<u>Makalah Poster</u>	
<i>Hubungan Kuantitatif Struktur Aktivitas (Hksa) Dan Docking Molekuler Senyawaturunan 2-Aminokalkon Sebagai Obat Antikanker Tulang</i>	
Tico Guinnessha S, Rissah Maulina, SyaSya Azzaythounah, Lidia Mutia Sari, DestriaRoza	351-356
<i>Doking Molekular Potensi Antikanker Leukemia Protein P388 Dengan Senyawa Turunan Chalcone</i>	
Nadia Givani Br Hotang dan Destria Roza	357-361
<i>Analisis Hubungan Kuantitatif Struktur dan Aktivitas (HKSA) Senyawa Turunan 4- Aminochalcone sebagai Antikanker Radikal Hidroksil</i>	
Indah Fitri dan Destria Roza	362-368
<i>Studi Molecular Docking Senyawa Antosianidin Dari Ekstrak Buah Jamblang (Syzygium cumini) Sebagai Senyawa Anti-Tumor Secara In Silico</i>	
Dea Gracella Siagian dan Destria Roza	369-374
<i>Docking Molekular Potensi Antikanker Payudara Protein3ert Dengan Senyawa Turunan Kuinin</i>	
Ruth Yohana Saragih, Nurul Hidayah, Destria Roza	375-381
<i>Studi In Silico Potensi Senyawa Asam Askorbat Sebagai Anti Kanker Hati</i>	
Nia Veronika dan Destria Roza	382-386

<i>Analisis In-Silico Senyawa Aktif Flavonoid Tanaman Kelor Sebagai Inhibitor Main Protease SARS-CoV-2 Melalui Metode Molecular Docking</i> Saud Salomo dan Destria Roza	387-395
<i>Analisis Hubungan Kuantitatif Struktur-Aktivitas (HKSA) Senyawa Turunan 4- Aminochalcone Sebagai Anti Leukemia Murine (L1210)</i> Wirna Dewi Zebua dan Destria Roza	396-403
<i>Docking Senyawa Kalkon Terhadap Reseptor Esterogen-Q (1QKM) Sebagai Antikanker Payudara</i> Cindy Agnesia dan Destria Roza	404-407
<i>Uji Docking Senyawa Alkaloid Quinolizidine dan Analognya Sebagai Inhibitor Reseptor Estrogen pada Kanker Payudara</i> Indira Aviza, Anggita Leontin Sitorus, Destria Roza	408-415
<i>Uji Docking Senyawa Alkaloid Piperidine dan Analognya Sebagai Inhibitor Reseptor Estrogen pada Kanker Payudara</i> Anggita Leontin Sitorus, Indira Aviza, Destria Roza	416-423
<i>Studi Docking Molekuler Senyawa Turunan Kurkuminoid Pada Kunyit (Curcuma longa Linn.) Sebagai Inhibitor Protein Kinase Mek1 Sel Kanker Otak Dengan Autodock</i> Vina Nadia Agnes Cantika Nadeak dan Destria Roza	424-430
<i>Docking Ligan Anti Kanker Prostat dengan Ligan Pembanding Senyawa Turunan Asam Galat Menggunakan Autodock 4.2 dan Discovery Studio</i> Astri Devi Br Pakpahan dan Destria Roza	431-439
<i>Docking Molekuler Potensi Senyawa 2,6-Dimethylocta-3,5,7-Trien-2-Ol Terhadap Senyawa 4l10 Anti Kanker Paru</i> Yohansen Wahyudi dan Destria Roza	440-444
<i>Docking Molekuler Potensi Antikanker Payudara Protein Iyc4 Dari Senyawa Turunan Kuersetin</i> Depi Irnasari Sipahutar dan Destria Roza	445-449



Review Artikel: Karakterisasi dan Aktivitas Lisozim serta Aplikasinya sebagai Antibakteri

Agustin Dwi Ayuningsih¹ dan Mirwa Adiprahara Anggarani^{1*}

¹ Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Surabaya

*Email korespondensi: mirwaanggarani@unesa.ac.id

Abstrak

Lisozim adalah komponen penting dalam sistem kekebalan tubuh yang mencegah infeksi patogen. Tingginya efisiensi lisozim dalam menghambat bakteri gram positif disebabkan oleh kemampuannya untuk memutus ikatan glikosidik β -(1,4) antara asam *N*-asetilmuramat dan *N*-asetilglukosamin. Lisozim dapat diperoleh dari susu, air liur, lendir, dan putih telur. Penelitian tentang lisozim dalam beberapa tahun terakhir banyak dikembangkan untuk meningkatkan sensitifitasnya terhadap bakteri. Review ini membahas beberapa teknik karakterisasi lisozim antara lain elektroforesis gel poliakrilamida-Sodium Dodesil Sulfat (SDS-PAGE), spektrum inframerah (IR) dan metode lainnya. Potensi lisozim dalam bidang kesehatan dan pangan juga akan dibahas dalam review ini.

Kata kunci : lisozim, karakterisasi, aplikasi

Abstract

Lysozyme is an important component of the body immune system which play role in defense against pathogen infection. The high efficiency of lysozyme in inhibiting gram-positive bacteria is caused by its ability to cleave β -(1,4)-glycosidic bond between *N*-acetylmuramic acid and *N*-acetylglucosamine. Lysozyme can be found in milk, saliva, and egg white. In recent years, there has been growing interest in lysozyme research in order to improve its sensitivity against bacterial strains. This review addresses some lysozyme characterization techniques such as sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE), infrared (IR) spectra and other method. Lysozyme potential on medical and food field are also discussed.

Keywords: lysozyme, characterization, application

4. Pendahuluan

Penggunaan bahan alam untuk meningkatkan kualitas hidup manusia telah dilakukan sejak awal peradaban manusia dalam berbagai bidang. Salah satu bidang yang terkait dengan penggunaan bahan alam ini adalah kesehatan, khususnya pada produksi obat. Dalam perkembangannya sebagian besar produk obat baru yang dibuat memiliki senyawa bahan alam sebagai bahan dasarnya [1-2]. Penggunaan bahan alam yang diaplikasikan pada substrat makanan juga mampu meningkatkan kualitas dan memperpanjang masa simpannya [3]. Terlepas dari efektivitas bahan alam yang tak terbantahkan, berkembangnya strain bakteri yang resisten terhadap antibiotik pun juga semakin berkembang, meningkatkan permintaan penemuan senyawa baru [4]. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan kimia organik memungkinkan penciptaan produk sintesis dan semi-sintesis berdasarkan senyawa bahan alam [5].

Lisozim (EC 3.2.1.17) dapat disebut muramidase atau *N*-asetilmuramik hidrolase adalah protein monomer kecil yang distabilkan oleh empat ikatan disulfida di antara delapan residu sistein dari rantai polipeptidanya (gambar 1). Lisozim dapat ditemukan secara luas di berbagai macam organisme secara filogenetik dari bakteriofag hingga manusia [7]. Lisozim dapat ditemukan dalam jumlah besar di organ, jaringan, dan sekresi manusia. Enzim serupa juga dapat diisolasi dari organ vertebrata, invertebrata, dan bahkan tanaman (getah pepaya) yang membuatnya tersebar secara luas [8]. Lisozim terlibat dalam sistem kekebalan tubuh dan perlindungan inang terhadap infeksi mikroba [9].

Penelitian terbaru tentang lisozim pada putih telur ayam telah menarik banyak perhatian karena sumber dayanya yang melimpah dan karakteristik fungsionalnya [10]. Karena kemampuannya untuk

memutuskan ikatan

-(1,4)-glikosidik antara asam N-asetilmuramat dan N-asetilglukosamin dari dinding sel bakteri, efisiensi antimikroba lisozim putih telur ayam terhadap bakteri gram positif tidak dapat disangkal dan telah diilustrasikan dalam banyak laporan [11]. Untuk memperluas aplikasi lisozim, banyak metode telah dikembangkan. Contohnya modifikasi lisozim dengan panas, bahan kimia dan hidrolisis untuk meningkatkan sifat biologis yang menguntungkan, serta pembentukan kompleks termasuk enkapsulasi, gel mikro/nano, *edible* film berdasarkan lisozim dan pektin, natrium alginat, pati, natrium karboksimetil atau selulosa untuk membuat bahan antimikroba [12-14].

Review ini akan membahas gambaran singkat tentang mekanisme bakteriostatik dari lisozim. Beberapa teknik karakterisasi lisozim juga akan dijelaskan di sini. Aplikasi lisozim dalam bidang pangan dan kesehatan juga dibahas.



Gambar 1. Struktur Lisozim [6]

5. Teknik Karakterisasi Lisozim

2.1 Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE)

SDS-PAGE digunakan untuk memisahkan protein dan oligonukleotida dengan efek saringan molekuler. SDS-PAGE dapat memantau urutan protein primer seperti gambar 1, dari sini diketahui bahwa berat lisozim putih telur adalah 12 kDa. Lisozim direaksikan dengan bahan kimia lain untuk memastikan reaksi telah terjadi dan untuk mengetahui perubahan berat molekul lisozim yang dipengaruhi oleh reaksi. SDS-PAGE juga dapat digunakan untuk memeriksa kemurnian lisozim, di mana keberadaannya hanya satu pita pada sekitar 14 kDa menunjukkan keberhasilan preparasi lisozim [15].

2.2 Spektroskopi inframerah (IR)

IR adalah metode yang digunakan untuk menentukan struktur kimia suatu senyawa yang terindikasi oleh gugus fungsi. Lisozim memiliki tiga daerah inframerah tengah termasuk amida I ($1700-1600\text{ cm}^{-1}$), amida II ($1600-1500\text{ cm}^{-1}$) dan amida III ($1320-1230\text{ cm}^{-1}$). Di antara ketiga wilayah ini, amida I diyakini melibatkan struktur sekunder, yaitu struktur protein berbeda yang ditetapkan untuk rentang spesifik spektrum inframerah: $1650-1658\text{ cm}^{-1}$ untuk α -helix, $1620-1640\text{ cm}^{-1}$ dan $1670-1695\text{ cm}^{-1}$ untuk β -sheet, $1640-1648\text{ cm}^{-1}$ untuk konformasi tak beraturan, dan kira-kira $1670, 1683, 1688$ dan 1694 cm^{-1} untuk β -turns. Amida II dianggap tidak terlalu sensitif terhadap konformasi protein. Selain itu, sinyal amida III selalu diabaikan karena kelemahannya [16]. Selain itu, pita lebar sekitar 3294 cm^{-1} muncul dari ikatan hidrogen, yang tumpang tindih dengan pita peregangan -NH dari gugus amino bebas. Penyerapan antara 3100 cm^{-1} dan 2980 cm^{-1} merupakan karakteristik regangan C-H [17]. Spektrum penyerapan IR lisozim diperkirakan dalam $3030-2830\text{ cm}^{-1}$ dan disebabkan oleh keberadaan CH_3 atau CH_2 [18]. Puncak karakteristik utama lisozim dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Utama Puncak IR Lisozim

Daerah Spektrum (cm ⁻¹)		Ikatan kimia atau konformasi
3294 ~ 3100 - 2980		Ikatan hydrogen, pita regangan –NH, peregangan C-H
Amida I (1700–1600)	1650–1658	α -helix
	1620–1640 & 1670–1695	β -sheet
	1640–1648	konformasi tak beraturan
	sekitar 1670, 1683, 1688 and 1694	β -turns
Amida II	1600–1500	Lekuk In-plane N–H dan peregangan C–N
Amida III	1320–1230	Sangat lemah, diabaikan

2.3 Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometer UV-Vis adalah suatu instrumen yang digunakan untuk mengetahui perubahan struktural dan untuk memantau pembentukan kompleks antara ligan dan protein dengan mendeteksi perubahan panjang gelombang dengan spektrofotometer ultraviolet. Pada lisozim terjadi serapan kuat di dekat 200 nm menunjukkan adanya konformasi dan serapan yang relatif lemah di 280 nm karena adanya residu asam amino aromatic (Trp dan Tyr) [19].

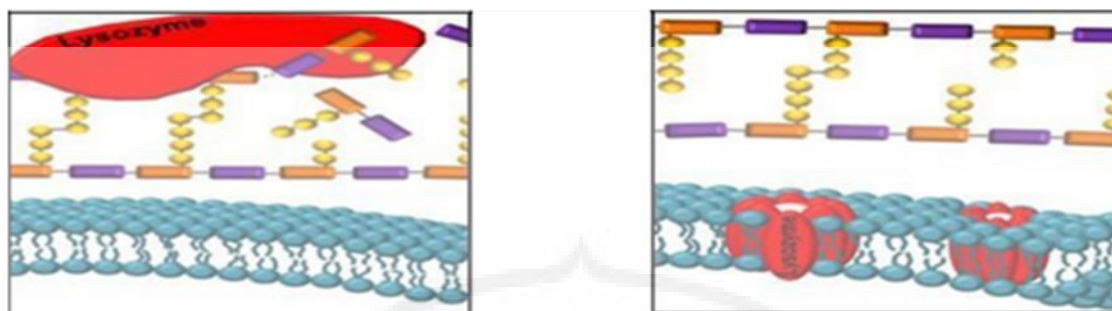
2.4 Spektrum Circular Dichroism (CD)

CD adalah metode sederhana dan cepat untuk menjelaskan struktur sekunder dan tersier protein dengan UV-jauh (190-250 nm) dan CD dekat-UV [34]. Banyak publikasi telah menunjukkan gangguan konformasi rinci lisozim ketika molekul ini berinteraksi dengan senyawa lain. Dapat diamati dari spektrum CD bahwa lisozim memiliki struktur sekunder α -helix, β -sheet, belokan dan konformasi tidak teratur (acak). Ikatan hidrogen hanya ada pada struktur α -helix dan β -sheet, yang menyebabkan kekakuan lisozim, sedangkan struktur β -turn dan konformasi tak beraturan berkontribusi pada fleksibilitas lisozim [35]. Secara umum dianggap bahwa ikatan peptida transisi $n \rightarrow \pi^*$ dari struktur heliks lisozim menghasilkan dua puncak negatif yang khas di daerah UV-jauh pada 208 dan pada 222 nm [36]. CD yang dikombinasikan dengan spektroskopi fluoresensi secara efektif digunakan untuk menjelaskan mekanisme pelipatan lisozim susu anjing, yang memberikan kunci untuk memahami keadaan lisozim globul cair (MG), perantara umum pelipatan protein yang lebih stabil dan lebih seperti aslinya dalam struktur daripada lisozim lainnya [37].

3. Mekanisme Bakteriostatik Lisozim

3.1. Mekanisme Litik Aktivitas Antibakteri Lisozim

Secara umum telah diketahui bahwa lisozim dapat menghidrolisis ikatan glikosidik β -(1,4) karbon homopolimer *N-acetylglucosamine* (NAG) dan karbon heteropolimer *N-acetylmuramic acid* (NAM) dari peptidoglikan pada dinding sel bakteri menyebabkan kerusakan lapisan dan penurunan kekuatan mekanik dinding sel bakteri sehingga mengakibatkan kematian bakteri [20] seperti pada gambar 2. Sifat enzimatis ini terbukti ketika setidaknya dua dari hubungan disulfida tetap utuh, seperti yang digambarkan pada Gambar. 1, yang memungkinkan lisozim berfungsi sebagai molekul imunitas bawaan non-spesifik terhadap invasi bakteri patogen [7]. Lisozim lebih aktif pada bakteri gram positif dibanding bakteri gram negatif. Hal ini karena dinding sel bakteri gram negatif memiliki komponen membran luar seperti lipopolisakarida sebagai pelindungnya serta membran dalam yang terdiri dari lapisan-lapisan [21]. Ketika lisozim dikombinasikan dengan bahan kimia lain, seperti EDTA dan DL-asam laktat, beberapa patogen dan bakteri akan mengalami lisis. Hal tersebut terjadi karena bahan kimia ini dapat mengangkat sebagian membran luar sel sehingga aktifitas lisozim dapat meningkat [22].



Gambar 2. (a) Penyusupan Ikatan Glikosidik Oleh Lisozim (b) Penyisipan Lisozim pada Membran [38]

3.2. Mekanisme Non-litik Aktivitas Antibakteri Lisozim

Mekanisme lain aktivitas antibakteri lisozim tidak tergantung pada aktivitas muramidasenya tetapi sebagian besar dikaitkan dengan faktor struktural, sifat kationik dan hidrofobiknya. Teori ini didukung oleh fakta bahwa lisozim yang terdenaturasi sebagian atau seluruhnya tanpa aktivitas enzimatis masih dapat bekerja melawan bakteri gram positif dan gram negatif [23]. Ibrahim, dkk [23] mengungkapkan bahwa aktivitas antibakteri disebabkan oleh faktor struktural yaitu keberadaan target mikroba. Pallegriani, dkk [24] melaporkan bahwa lisozim putih telur ayam membunuh bakteri gram positif seperti dia membunuh bakteri gram negatif tanpa penambahan EDTA. Penelitian lebih lanjut tentang morfologi *E. coli* yang diperlakukan dengan lisozim menunjukkan disintegrasi sitoplasma bakteri secara bertahap yang dianggap berasal dari sifat kationik dan hidrofobiknya. Ibrahim, dkk [25] juga meneliti aktivitas antibakteri dari lisozim yang terdenaturasi karena panas dan perubahan pH terhadap bakteri gram negatif. Lisozim yang dipanaskan pada 80°C dan pH 6 (mempertahankan 50% aktifitas enzimatis serta peningkatan hidrofobitas) menunjukkan afinitas pengikatan yang lebih kuat dari lisozim asli terhadap lipopolisakarida *E. coli* K12 dan mengurangi kemampuan pembentukan koloni. Temuan bahwa lisozim yang terdenaturasi sebagian masih dapat menunjukkan aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri lisozim tidak hanya dikaitkan dengan aktivitas muramidase.

4. Aplikasi Lisozim Dalam Bidang Pangan dan Kesehatan

4.1 Aplikasi Lisozim Dalam Bidang Pangan

Kerusakan makanan meningkatkan kerugian ekonomi yang besar bagi negara. Permasalahan utama dari produk makanan adalah kontaminasi mikroba. Penelitian untuk mempertahankan kualitas makanan dan umur simpannya telah dilakukan. Oleh karena itu, sifat anti-mikroorganisme dari lisozim memberikan aplikasi yang luas dalam industri makanan. Lisozim sebagai pengawet berperan untuk menghambat dan menghentikan pertumbuhan bakteri patogen sehingga dapat mempertahankan kualitas pangan. Misalnya, lisozim memberikan efek penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri asam laktat (BAL) yang terlibat dalam pengasaman dadih dan pematangan keju [26].

Dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan kemasan antimikroba migrasi dan non-migrasi, dengan perbedaan agen antimikroba yang diterapkan dan interaksinya dengan pengemasan dan matriks makanan [27]. Kelebihan kemasan antimikroba adalah dapat melindungi aktivitas antimikroba sampai batas tertentu, sebagaimana ia dapat menghindari kontak langsung antimikroba dengan komponen makanan lain (misalnya, lipid, protein) [28].

4.2 Aplikasi Lisozim Dalam Bidang Kesehatan

Lisozim telah banyak digunakan untuk melawan bakteri, virus, dan penyakit inflamasi. Berkat keberadaannya yang melimpah, stabilitas, ukuran yang kecil, dan kemampuan mengikat obat, dia telah digunakan sebagai model protein untuk menyelidiki interaksi dengan protein berbeda termasuk ion, pewarna, dan beberapa obat-obatan farmasi [29-31].

Lisozim berperan langsung pada kesehatan adalah aktivitas dari peptidanya yang dapat menghambat *angiotensin-converting enzyme*, antihipertensi, antioksidan, antivirus, dan antitumor [32,33]. Lisozim juga dapat mencegah penyakit atau infeksi bakteri patogen yang masuk ke tubuh melalui makanan. Dengan lisozim sebagai pengawet makanan dapat meminimalisir penyakit yang disebabkan oleh bakteri gram negatif.

5. Kesimpulan

Lisozim (EC 3.2.1.17) dapat disebut muramidase atau N-asetilmuramik hidrolase adalah protein monomer kecil yang memiliki potensi antibakteri. Lisozim dapat dikarakterisasi dengan SDS-PAGE, spektroskopi IR, Spektrofotometri UV-VIS, spektrum *Circular Dichroism* (CD), dan teknik lainnya. Lisozim memiliki aktivitas antibakteri litik dengan memutus ikatan glikosidik β -(1,4) karbon homopolimer *N-acetylglucosamine* (NAG) dan karbon heteropolimer *N-acetylmuramic acid* (NAM), dan aktivitas antibakteri non litik yang disebabkan oleh faktor struktural, sifat kationik dan hidrofobiknya. Dalam bidang pangan lisozim dapat digunakan sebagai pengawet langsung serta sebagai bahan kemasan *edible*. Lisozim dengan aktivitas peptidanya mampu menghambat *angiotensin-converting enzyme*, antihipertensi, antioksidan, antivirus serta dapat melindungi tubuh dari bakteri gram negative melalui makanan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih pada Kepala Jurusan Kimia, dosen pembimbing, serta seluruh staf pengajar Jurusan Kimia Unesa yang telah membantu dalam penyusunan artikel ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- [1] Harvey, A.L. 2008. Natural products in drug discovery. *Drug Discovery Today*. 13:19-20 894-901.
- [2] Sousa H, Hinzmann M. 2019. Review: Antibacterial components of the Bivalve's immune system and the potential of freshwater bivalves as a source of new antibacterial compounds. *Fish and Shellfish Immunology*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.10.062>.
- [3] Hu, Yaqin, et. al. 2018. What is new in lysozyme research and its application in food industry? A review. *Food Chemistry*. 274: (2019) 698–709.
- [4] Baquero, F., A.-S.P. Tedim, and T.M. Coque. 2013. Antibiotic Resistance Shaping Multi-level Population Biology of Bacteria. *Frontiers in Microbiology*. 4: 15.
- [5] Bernfeld, P. 2013. *Biogenesis of natural compounds*. Cambridge: Elsevier.
- [6] Hamdani, A. M., Wani, I. A., Bhat, N. A., & Siddiqi, R. A. 2018. Effect of guar gum conjugation on functional, antioxidant and antimicrobial activity of egg white lysozyme. *Food Chemistry*. 240: 1201–1209.
- [7] Jollès, P., Jollès, J. 1984. What's New in Lysozyme Research. *Mol. Cell Biochem*. 63 165–189.
- [8] Ogawa, H., Miyazaki, H., & Kimura, M. 1971. Isolation and characterization of human skin lysozyme. *Journal of Investigative Dermatology*. 57: 111–116.
- [9] S. Saurabh, P.K. Sahoo. 2008. Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. *Aquacult. Res*. 39: 223–239.
- [10] Jiang, S., Qin, Y., Yang, J., Li, M., Xiong, L., & Sun, Q. 2015. Enhanced antibacterial activity of lysozyme immobilized on chitin nanowhiskers. *Food Chemistry*. 221: 1507–1513.
- [11] Huopalahti, R., López-Fandino, R., Anton, M., & Schade, R. 2017. Bioactive egg compounds. Fandiño.
- [12] Carrillo, W., Spindola, H., Ramos, M., Recio, I., & Carvalho, J. E. 2016. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of native and modified hen egg white lysozyme. *Journal of Medicinal Food*. 19: 978–982.
- [13] Amara, C. B., Eghbal, N., Degraeve, P., & Gharsallaoui, A. 2016. Using complex coacervation for lysozyme encapsulation by spray-drying. *Journal of Food Engineering*. 183: 50–57.
- [14] Fuenzalida, J. P., Nareddy, P. K., Moreno-Villoslada, I., Moerschbacher, B. M., Swamy, M. J., Pan, S., Ostermeier, M., & Goycoolea, F. M. 2016. On the role of alginate structure in complexing with lysozyme and application for enzyme delivery. *Food Hydrocolloids*. 53: 239–248.
- [15] Altintas, E. B., & Denizli, A. 2009. Monosize magnetic hydrophobic beads for lysozyme purification under magnetic field. *Materials Science and Engineering C*. 29: 1627–1634.
- [16] Prosapio, V., Reverchon, E., & Marco, I. D. 2016. Production of lysozyme microparticles to be used in functional foods, using an expanded liquid antisolvent process. *Journal of Supercritical Fluids*. 107: 106–113.
- [17] Koshani, R., Aminlari, M., Niakosari, M., Farahnaky, A., & Mesbahi, G. 2015. Production and properties of tragacanthin-conjugated lysozyme as a new multifunctional biopolymer. *Food Hydrocolloids*. 47: 69–78.
- [18] Barreca, D., Laganà, G., Magazù, S., Migliardo, F., Gattuso, G., & Bellocco, E. 2014. FTIR, ESI-MS, VT-NMR and SANS study of trehalose thermal stabilization of lysozyme. *International Journal of Biological Macromolecules*. 63.
- [19] Shanmugaraj, K., Anandakumar, S., & Ilanchelian, M. 2015. Probing the binding interaction of thionine with lysozyme: a spectroscopic and molecular docking investigation. *Dyes and Pigments*. 112: 210–219.



- [20] Wang, S., Ng, T. B., Chen, T., Lin, D., Wu, J., Rao, P., & Ye, X. (2005). First report of a novel plant lysozyme with both antifungal and antibacterial activities. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 327: 820–827.
- [21] Wulandari Z, Fardiaz D, Budiman C, Suryati T, Herawati D. 2015. Purification of egg white lysozyme from Indonesian kampung chicken dan ducks. *Media Peternak*. 38:18-26.
- [22] Hughey, V. L., & Johnson, E. A. 1987. Antimicrobial activity of lysozyme against bacteria involved in food spoilage and food-borne disease. *Applied and Environmental Microbiology*. 53: 2165–2170.
- [23] Ibrahim, H. R., Aoki, T., & Pellegrini, A. 2002. Strategies for new antimicrobial proteins and peptides: lysozyme and aprotinin as model molecules. *Current Pharmaceutical Design*. 8: 671–693.
- [24] Pellegrini, A., Thomas, U., von Fellenberg, R., & Wild, P. 1992. Bactericidal activities of lysozyme and aprotinin against Gram-negative and Gram-positive bacteria related to their basic character. *Journal of Applied Bacteriology*. 72: 180–187.
- [25] Ibrahim, H. R., Yamada, M., Matsushita, K., Kobayashi, K., & Kato, A. 1994. Enhanced bactericidal action of lysozyme to *Escherichia coli* by inserting a hydrophobic pentapeptide into its C-terminus. *Journal of Biological Chemistry*. 269: 5059–5063.
- [26] D'Incecco, P., Gatti, M., Hogenboom, J. A., Bottari, B., Rosi, V., Neviani, E., & Pellegrino, L. 2016. Lysozyme affects the microbial catabolism of free arginine in raw-milk hard cheeses. *Food Microbiology*. 57: 16.
- [27] Irkin, R., & Esmer, O. K. 2015. Novel food packaging systems with natural antimicrobial agents. *Journal of Food Science and Technology*. 52: 6095–6111.
- [28] Mauriello, G., De, L. E., La., Letters in Applied Microbiology. 41: 464–469 S. A., Villani, F., & Ercolini, D. 2005. Antimicrobial activity of a nisinactivated plastic film for food packaging.
- [29] Wang, Z., Tan, X., Chen, D., Yue, Q., & Song, Z. 2009. Study on the binding behavior of lysozyme with cephalosporin analogues by fluorescence spectroscopy. *Journal of Fluorescence*. 19: 801–808.
- [30] Peng, W., Ding, F., Peng, Y. K., Jiang, Y. T., & Zhang, L. 2013. Binding patterns and structure–affinity relationships of food azo dyes with lysozyme: A multitechnique approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61: 12415–12428.
- [31] Ding, F., Zhao, G., Huang, J., Sun, Y., & Zhang, L. 2009. Fluorescence spectroscopic investigation of the interaction between chloramphenicol and lysozyme. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 44: 4083–4089.
- [32] Rao S, Sun J, Liu Y, Zeng H, Su Y, Yang Y. 2012. ACE inhibitory peptides and antioxidant peptides derived from in vitro digestion hydrolysate of hen egg white lysozyme. *Food Chem*. 135:1245-1252.
- [33]]Ya-Fei L, Oey I, Bremer P, Carne A, Silcock. 2017. Bioactive peptides derived from egg proteins: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 13:1-23.
- [34]]Liang, M., Liu, R., Qi, W., Su, R., Yu, Y., Wang, L., & He, Z. 2013. Interaction between lysozyme and procyanidin: multilevel structural nature and effect of carbohydrates. *Food Chemistry*. 138: 1596–1603.
- [35]]Sheng, L., Wang, J., Huang, M., Xu, Q., & Ma, M. 2016. The changes of secondary structures and properties of lysozyme along with the egg storage. *International Journal of Biological Macromolecules*. 92: 600–606.
- [36] Woody, R. W. 1995. Circular dichroism. *Methods in Enzymology*. 246: 34–71.
- [37] Nakao, M., Arai, M., Koshiba, T., Nitta, K., & Kuwajima, K. 2015. Folding mechanism of canine milk lysozyme studied by circular dichroism and fluorescence spectroscopy. *Spectroscopy*. 17: 183–193.
- [38] Stephanie AR, Alson KC. 2017. From bacterial killing to immune modulation: Recent insight into the functions of lysozyme. *PLOS Pathogens*. 2017:1-22.