



**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 kehadirat 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 kehadirat 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 Assessment 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 Aktivitasdan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Ikatan Kimia</i> | |
| Elsima Nainggolan dan Nora Susanti | 335-341 |
| <i>Analisis Respon Siswa Terhadap Aplikasi Daringsebagai 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 Estrogen-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 |





Pendidikan Kimia 4.0

Dr. Harry Firman, M.Pd

Departemen Pendidikan Kimia, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudi No. 229 Bandung 40154

*Email korespondensi: harry_firman@upi.edu

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa dunia industri ke era revolusi industri 4.0. Paradigma pendidikan di era industri 4.0 perlu sesuai dengan tuntutan pengembangan kualitas SDM di era industri 4.0. Oleh sebab itu revolusi industri 4.0 mengimbas pada revolusi pendidikan menjadi pendidikan 4.0. Dalam pendidikan 4.0 peserta didik lebih berperan sebagai konektor, kreator, dan konstruktivis dalam memproduksi dan mengaplikasikan pengetahuan. Pendidikan kimia sebagai bagian integral dari proses pendidikan keseluruhan perlu muncul sebagai Pendidikan Kimia 4.0, yang mewujudkan keseimbangan antara 'chemistry through education (CTE)' dan 'education through chemistry (ETC)'. Pendidikan Kimia 4.0 menuntut penguatan pada keterlibatan teknologi digital dalam keseluruhan proses pembelajaran kimia, baik sebagai sumber informasi maupun sarana bagi analisis data dan presentasi data hasil kerja laboratorium. Pendidikan Kimia 4.0 dapat diimplementasikan dengan menggunakan pembelajaran kimia berbasis STEM dan integrasi *computational thinking* (CT) dalam pembelajaran kimia.

Kata kunci: industri 4.0, pendidikan kimia 4.0, teknologi digital, STEM, computational thinking.

Abstract

The development of information and communication technology has brought the industrial world to the era of the industrial revolution 4.0. The educational paradigm in the industrial era 4.0 needs to be in accordance with the demands of human resource quality development in the Industrial Era 4.0. Therefore, the industrial revolution 4.0 affected the educational revolution to become education 4.0. In education 4.0 learners act more as connectors, creators, and constructivists in producing and applying knowledge. Chemistry education as an integral part of the overall educational process needs to emerge as chemistry education 4.0, which embodies the balance between 'chemistry through education (CTE)' and 'education through chemistry (ETC)'. Chemistry Education 4.0 demands strengthening in the involvement of digital technology in the entire chemical learning process, both as a source of information and a means for data analysis and presentation of laboratory work data. Chemistry Education 4.0 can be implemented through STEM-based chemistry learning and the integration of computational thinking in chemical learning.

Keywords: industry 4.0, chemical education 4.0, digital technology, STEM learning, computational thinking.

1. Pendahuluan

Para analis industri mengkonseptualisasi perkembangan industri di dunia telah mencapai gelombang revolusi industri ke-4 (4IR) atau "industri 4.0", ketika proses industri terkait revolusi digital memasuki abad ke-21, sebagai perkembangan lanjut dari gelombang-gelombang revolusi industri sebelumnya. Dalam industri 1.0 tenaga uap air digunakan dalam mekanisasi produksi sebagai dampak dari penemuan mesin uap, dalam industri 2.0 tenaga listrik digunakan untuk mengkreasi produksi massa, dan dalam industri 3.0 teknologi elektronika dan teknologi informasi digunakan untuk mengotomasi produksi [1]. Industri 4.0 bercirikan kehadiran teknologi-teknologi baru yang meleburkan dunia fisik, digital dan biologis, yang diwujudkan dalam bentuk robot, perangkat komputer yang *mobile*, kecerdasan buatan, kendaraan tanpa pengemudi, pengeditan genetik, digitalisasi pada layanan publik, dsb. Pada industri 4.0 peralatan, mesin, sensor, dan manusia dirancang untuk mampu berkomunikasi satu sama lain dengan menggunakan teknologi internet yang dikenal sebagai "Internet of Things (IoT)" [2].



Perkembangan teknologi di era industri 4.0 melahirkan peluang dan tantangan baru. Pertama industri 4.0 memungkinkan peningkatan produktivitas, kualitas, dan efisiensi, agar produk industri lebih kompetitif secara global. Peluang lain pada industri 4.0 adalah peningkatan kualitas hidup, kemudahan transportasi dan komunikasi, serta keamanan kerja. Namun demikian, berbagai tantangan baru lahir pula sebagai dampak sosial dan lingkungan dari industri 4.0 seperti melimpahnya informasi (*information overload*), pengangguran sebagai akibat dari ketidakcukupan pengetahuan dan keterampilan, ketimpangan sosial ekonomi akibat teknologi yang padat modal, serta ancaman terhadap kelestarian lingkungan sebagai akibat eksploitasi sumber daya alam.

Paradigma pendidikan yang menjadi kerangka acuan pendidikan saat ini tidak sesuai lagi untuk pengembangan kualitas SDM di era Industri 4.0. Oleh sebab itu paradigma proses pendidikan niscaya akan mengalami perubahan mendasar menyesuaikan dengan tuntutan era Industri 4.0. Konsekuensinya, revolusi industri akan menginduksi revolusi dalam bidang Pendidikan, termasuk Pendidikan Kimia, yang kita sebut Pendidikan Kimia 4.0. Bahasan selanjutnya dalam makalah ini menyangkut pemikiran pakar-pakar pendidikan tentang fitur-fitur pendidikan Pendidikan Kimia 4.0 pada jenjang pendidikan menengah.

2. Pendidikan 4.0

Pendidikan pada era industri 4.0 perlu dipandang sebagai pengembangan kompetensi Abad ke-21, yang terdiri dari tiga komponen besar, yakni kompetensi berpikir, bertindak, dan hidup di dunia [3]. Komponen berpikir meliputi berpikir kritis, berpikir kreatif, dan pemecahan masalah. Komponen bertindak meliputi komunikasi, kolaborasi, literasi digital, dan literasi teknologi. Komponen hidup di dunia meliputi inisiatif, mengarahkan diri (*self-direction*), pemahaman global, serta tanggung jawab sosial.

Praksis pendidikan di sekolah yang bertumpu pada moda transmisi pengetahuan dari guru ke peserta didik (instruksionisme) mungkin berhasil di era industri 1.0, namun kini tak efektif lagi untuk mempersiapkan generasi muda memasuki ekosistem industri 4.0 yang mengutamakan pengembangan kompetensi Abad ke-21. Pendidikan 4.0 hanya dapat diimplementasikan dengan merujuk pada paradigma baru pendidikan yang bercirikan peserta didik sebagai konektor, kreator, dan konstruktivis dalam rangka produksi dan aplikasi pengetahuan serta inovasi [4]. Sintesis terhadap pandangan-pandangan tentang karakteristik pendidikan 4.0 mengarah pada ke beberapa fitur pembelajaran berikut:

- (1) Pembelajaran berpusat pada peserta didik (*student centered*), memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk belajar sebagaimana minat dan kecepatan belajarnya masing-masing;
- (2) Pembelajaran mengembangkan kemampuan peserta didik menggali sendiri pengetahuan dari sumber-sumber informasi dengan menggunakan internet, sebagai wahana bagi mereka untuk belajar sepanjang hayat (*life-long learning*);
- (3) Pemanfaatan infrastruktur ICT dan perangkat pembelajaran virtual untuk memberikan fleksibilitas bagi peserta didik untuk menemukan sumber-sumber belajar yang berkualitas, merekam data, menganalisis data, dan menyusun laporan dan melakukan presentasi;
- (4) Menekankan belajar *hands-on* melalui metode pembelajaran yang dinamakan “flipped classroom”, yang dengan metode ini peserta didik belajar aspek-aspek teoretik pengetahuan di rumah dan melakukan praktik di kelas. Metode ini mengembangkan kebiasaan dan kemampuan belajar mandiri (*self-learning*) seraya menyediakan waktu belajar lebih longgar bagi pembelajaran di sekolah untuk pengembangan kompetensi;
- (5) Mengembangkan *soft-skills* berpikir kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah, khususnya pemecahan masalah otentik dan non-rutin;
- (6) Kolaborasi dan dalam interaksi sosial sebagai pendekatan utama yang digunakan dalam pengembangan kompetensi, untuk memperkenalkan budaya kerja di dunia industri dan dunia kerja di Abad ke-21.
- (7) Memberikan fleksibilitas untuk proses pembelajaran dalam bentuk *blended learning*, yang memungkinkan peserta didik berinteraksi, berkolaborasi dan saling belajar satu sama lain dalam setting kelas maupun secara jarak jauh (*distance*) melalui internet.

3. Pendidikan Kimia 4.0

Pendidikan kimia merupakan bagian dari program pendidikan di jenjang sekolah menengah atas. Agar menunjang implementasi pendidikan 4.0 maka pendidikan kimia di era industri 4.0, baik kurikulum, pembelajaran, dan perangkat penunjangnya perlu dirancang dengan merujuk pada fitur-fitur Pendidikan 4.0 yang telah dikemukakan di atas.

Pada awal mata pelajaran kimia menjadi mata pelajaran berdiri sendiri di tingkat sekolah menengah pada akhir abad ke-18 ditujukan untuk menjadi fundasi bagi studi kimia dan bidang-bidang ilmu terkait di perguruan tinggi. Misi mata pelajaran kimia adalah menyampaikan pengetahuan (fakta, konsep, prinsip, hukum, teori, prosedur) fundamental ilmu kimia dan memberikan pengalaman kerja laboratorium untuk mengembangkan keterampilan laboratorium dan menunjukkan bagaimana proses *discovery* pengetahuan-pengetahuan kimia



tersebut [5]. Kondisi pendidikan kimia seperti itu direpresentasikan sebagai “chemistry through education (CTE)” [6]. Namun demikian, lambat laun, seiring dengan semakin meluasnya aplikasi kimia dalam pelbagai aspek kehidupan manusia, pembelajaran kimia diberi fungsi baru sebagai wahana untuk mengembangkan literasi sains generasi muda, serta menanamkan sikap dan nilai (*values*) yang dipandang perlu dikembangkan melalui proses pendidikan formal. Kondisi baru tersebut direpresentasikan sebagai “education through chemistry (ETC)” [6]. Hingga saat ini tarik menarik antara kepentingan implementasi CTE dan ETC menjadi polemik dalam pengembangan kurikulum kimia sekolah, sehingga pergeseran titik keseimbangan di antara keduanya selalu terjadi pada setiap siklus pengembangan kurikulum.

Dalam rangka pengembangan kurikulum untuk mewujudkan pendidikan kimia 4.0 keseimbangan antara CTE dan ETC masih perlu dipelihara. Namun demikian, penguatan-penguatan perlu dalam desain dan implementasi pendidikan kimia pada era industri 4, antara lain:

- (1) Konten kimia yang dicakup dalam kurikulum kimia sekolah perlu lebih selektif hingga ke tataran konsep esensial, untuk menghindari kurikulum “sarat materi” yang menghambat implementasi ETC.
- (2) Merujuk pada skenario revolusi industri 4.0 di Indonesia yang dijelaskan dalam “Making Indonesia 4.0” [7], industri kimia menjadi salah satu sektor utama yang ditargetkan. Oleh sebab itu untuk menjalankan fungsi mengembangkan literasi baru, kimia perlu juga diajarkan untuk membuat generasi muda berwawasan tentang proses industri kimia nasional dan betapa teknologi berkontribusi pada peningkatan pendapatan negara. Di samping itu materi pelajaran aspek kimia industri yang otentik dalam mata pelajaran kimia akan memotivasi peserta didik dan membangun minat peserta didik untuk memasuki profesi kimia murni dan rekayasa kimia.
- (3) Peningkatan relevansi pendidikan kimia di era industri 4.0 dapat dilakukan dengan memasukkan elemen studi-studi kasus industrial terkait konsep kimia terpilih yang diajarkan, termasuk *flow chart* proses industri, instalasi produksi, permesinan, pengendalian proses, pemisahan, *yield*, serta penanganan limbah industri kimia [8]. Penguatan terhadap pembelajaran aspek industri kimia dapat dilakukan melalui konsep “factory learning”, dalam arti memberikan peluang belajar kepada peserta didik untuk 1 atau 2 kali dalam setahun melakukan kunjungan ke industri kimia di sekitar sekolah untuk memperoleh wawasan tentang situasi pabrik dan wujud aplikasi real teori dalam setting industri, sebagai bagian dari literasi industri.
- (4) Pendidikan kimia di era industri 4.0 difungsikan secara intensif untuk mengembangkan kemahiran 4C, yakni berpikir kritis (*critical thinking*), kreativitas (*creativity*), kolaborasi (*collaboration*), dan komunikasi (*communication*). Oleh sebab itu pembelajaran kimia perlu memberikan peluang bagi peserta didik untuk bekerja secara kelompok kolaboratif memecahkan masalah real (otentik) yang meminta mereka melakukan proses desain rekayasa (*engineering design process*) dalam rangka mengkreasi instalasi, kondisi, dan proses untuk memecahkan masalah yang terkait kimia dalam kehidupan sehari-hari.
- (5) Pendidikan kimia di era industri 4.0 juga perlu berkontribusi pada pengembangan keterampilan digital, dalam arti bukan hanya menggunakan ICT sebagai media pembelajaran, melainkan mengintegrasikan teknologi digital tersebut untuk keseluruhan langkah kerja laboratorium dan penelitian kimia, termasuk *searching* informasi dari *www*, merekam data hasil observasi dan pengukuran, analisis data, dan visualisasi data secara digital, membuat laporan, dan presentasi hasil penelitian.

4. Implementasi Pendidikan Kimia 4.0

Berikut ini dikemukakan dua alternatif model pembelajaran yang sesuai untuk diaplikasikan dalam implementasi Pendidikan Kimia 4.0, yakni pembelajaran kimia berbasis STEM dan integrasi computational thinking dalam pembelajaran sains. Tentu saja berbagai model pembelajaran lain sangat mungkin diaplikasikan asalkan memenuhi fitur-fitur Pendidikan kimia 4.0 yang diketengahkan di atas.

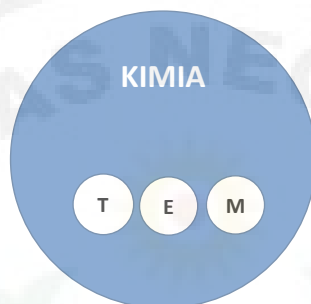
4.1 Pembelajaran Kimia Berbasis STEM

STEM adalah akronim dari science, technology, engineering, dan mathematics. Kata STEM diluncurkan oleh National Science Foundation AS pada ujung tahun 1990-an sebagai sebagai tema gerakan reformasi pendidikan di AS untuk menumbuhkan angkatan kerja bidang-bidang STEM, serta mengembangkan warga negara yang melek STEM, serta meningkatkan daya saing global AS dalam inovasi iptek. Pendidikan STEM tidak bermakna hanya penguatan praksis pendidikan dalam bidang-bidang STEM secara terpisah, melainkan mengembangkan pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan sains, teknologi, enjiniring, dan matematika, dengan memfokuskan proses pendidikan pada pemecahan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari maupun kehidupan profesi [9].

Karakteristik utama pendidikan STEM adalah mengintegrasikan sains (termasuk kimia), teknologi, enjiniring, dan matematika dalam melakukan pemecahan masalah nyata. Pendidikan STEM menggunakan pendekatan interdisiplin pada pembelajaran, yang di dalamnya peserta didik menggunakan sains, teknologi, enjiniring, dan matematika dalam konteks nyata yang mengkoneksikan antara sekolah, dunia kerja, dan dunia

global, sehingga mengembangkan literasi STEM yang memungkinkan peserta didik bersaing dalam era ekonomi baru yang berbasis pengetahuan

Terdapat beragam cara digunakan dalam praktik untuk mengintegrasikan disiplin-disiplin STEM, dan pola dan derajat keterpaduannya bergantung pada banyak faktor. Salah satu pola integrasi yang mungkin dilaksanakan tanpa merestrukturisasi kurikulum pendidikan menengah atas di Indonesia adalah menginkorporasi konten enjiniring, teknologi, dan matematika dalam pembelajaran sains (termasuk kimia) berbasis pendidikan STEM, sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Pendidikan Kimia Berbasis STEM.

Pendidikan kimia berbasis STEM menuntut pergeseran moda proses pembelajaran dari moda konvensional yang berpusat pada guru (*teacher centered*) yang mengandalkan transfer pengetahuan ke arah moda pembelajaran berpusat pada peserta didik (*student centered*) yang mengandalkan pembelajaran aktif, *hands-on*, dan kolaborasi peserta didik untuk memecahkan masalah. Oleh sebab itu pembelajaran kimia berbasis STEM perlu dilaksanakan dalam unit-unit pembelajaran berbasis proyek (PjBL) (*project-based learning*), yang di dalamnya peserta didik ditantang secara kritis, kreatif, dan inovatif untuk memecahkan masalah nyata, yang melibatkan kegiatan kelompok (tim) secara kolaboratif untuk melakukan proses desain rekayasa (*engineering design process*). Pembelajaran kimia berbasis STEM dalam kelas didesain untuk memberi peluang bagi peserta didik untuk mengaplikasikan pengetahuan akademik dalam dunia nyata [10]. Sebagai contoh, pengalaman belajar peserta didik dalam pembelajaran kimia berbasis STEM adalah memformulasi dan melaksanakan proyek berikut.

- Mengembangkan desain dan prototipe instalasi yang efektif untuk menjernihkan air kotor dengan proses aerasi.
- Mengkreasi rangkaian elektrode logam besi dan elektrolit pada buah-buahan untuk menghasilkan sel volta dengan voltase tertentu.
- Mengkonstruksi sistem pelapisan logam tembaga ke logam besi yang menghasilkan pelapisan yang kuat.
- Mengkreasi prototipe instalasi yang menghasilkan temperatur yang cukup rendah untuk membekukan adonan “es-lilin”.
- Mengkreasi teknik dan material untuk membersihkan uang logam yang telah kusam.
- Mendesaian dan memproduksi taman kimia (*chemical garden*) yang memenuhi kaidah estetika.

Pengalaman belajar kimia berbasis pendidikan STEM diharapkan sekaligus dapat mengembangkan pemahaman peserta didik terhadap konten kimia, kemampuan inovasi dan pemecahan masalah, berbagai *soft skills* antara lain komunikasi, kerjasama, kepemimpinan. Dampak lebih lanjut dari pembelajaran kimia berbasis STEM adalah meningkatnya minat dan motivasi peserta didik untuk melanjutkan studi dan berkarir dalam bidang profesi saintek, sebagaimana yang dibutuhkan negara saat ini dan di masa datang di era industri 4.0.

Deskripsi pembelajaran berbasis STEM di atas menunjukkan keselarasan pendekatan pembelajaran ini dengan fitur-fitur pendidikan 4.0, khususnya mengembangkan keterampilan 4C (berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi), keinovatifan, dan kemampuan mendesain proses rekayasa untuk memecahkan masalah nyata. Oleh sebab itu pembelajaran berbasis STEM dapat menjadi satu alternatif untuk mengimplementasikan Pendidikan kimia dalam ekosistem industri 4.0.

4.2 Integrasi Computational Thinking (CT) dalam Pembelajaran Kimia

Computational Thinking (CT) adalah proses berfikir yang melibatkan perumusan masalah dan solusinya, agar solusi direpresentasikan dalam suatu bentuk yang dapat secara efektif dikerjakan dengan wahana pemerosesan informasi [11]. CT menggambarkan aktivitas mental dalam merumuskan masalah yang



memungkinkan solusi terhadap masalah tersebut dengan memanfaatkan komputasi. CT pada dasarnya merupakan kerjasama antara manusia dan mesin (komputer) dalam memecahkan masalah.

Elemen-elemen pokok CT menurut Anderson meliputi: (1) Dekomposisi (*decomposition*), yakni memilah masalah yang lebih besar/kompleks menjadi bagian-bagian (segmen) yang lebih kecil/sederhana; (2) Pengenalan Pola (*pattern recognition*), yakni mencari/menemukan pola/kesamaan antar-masalah maupun dalam-masalah tersebut; (3) Abstraksi (*Abstraction*), yakni konseptualisasi yang berfokus pada informasi penting saja, seraya mengabaikan detail yang kurang relevan; dan (4) Desain Algoritma (*Algorithm Design*), yakni membangun langkah-langkah sistematis solusi terhadap masalah [12]. Penguasaan yang baik terhadap elemen-elemen CT ini memungkinkan peserta didik menyelesaikan masalah-masalah dalam kimia, khususnya masalah-masalah numerik, misalnya dalam materi-materi pokok stoikiometri, kesetimbangan kimia, kesetimbangan dalam larutan, sifat koligatif larutan, elektrokimia, dsb.

Lingkup aktivitas pembelajaran kimia terintegrasi CT diungkapkan oleh Swanson et al. sebagai taksonomi CT [13], yakni: (1) Praktik data dan informasi, yang meliputi mengorganisasi data, menganalisis data, dan memvisualisasikan data; (2) Pemodelan dan Simulasi, yakni menggunakan simulasi dan pemodelan untuk melakukan eksperimen virtual bagi yang sukar dilakukan secara fisik karena mahal, berbahaya, dan rumit; (3) Penyelesaian masalah dengan komputer, yakni memilih, menggunakan, dan mengembangkan aplikasi untuk menyelesaikan masalah dengan bantuan komputer; (4) Berpikir sistem, yakni menyelidiki sistem secara keseluruhan untuk memahami hubungan-hubungan antarelemen dalam sistem, memvisualisasikan sistem, serta memahami kompleksitas sistem yang diselidikinya. Contoh-contoh kongrit integrasi CT dalam pembelajaran kimia antara lain sebagai berikut.

- Mengumpulkan data jari-jari atom unsur-unsur seperiode dari *hand-book* kimia, merekam dan meorganisasi data tersebut, dan mengalurkan besarnya jari-jari atom unsur terhadap nomor atom dengan aplikasi pengolahan data yang umum tersedia (misalnya excel).
- Berdasarkan tabel data titrasi yang menunjukkan hubungan antara jumlah mL larutan NaOH yang dialirkan dari buret ke larutan HCl dalam labu erlenmeyer dengan pH larutan dalam labu erlenmeyer, dari mulai 0,0 mL hingga 50 mL, peserta didik mengalurkan pH terhadap volum larutan NaOH yang ditambahkan dengan menggunakan excel untuk menghasilkan kurva titrasi dan menentukan titik ekuivalen pada titrasi tersebut.
- Dengan menggunakan aplikasi *phet-colorado* peserta didik mensimulasikan efek temperatur terhadap dinamika molekul-molekul gas dalam wadahnya dan tekanan gas tersebut pada keadaan volume konstan.
- Peserta didik mengembangkan program komputer sederhana yang mengubah input massa dan massa molekul relatif gas-gas (ideal) secara otomatis ke output volume gas-gas tersebut pada STP. Program komputer mengotomasi perhitungan-perhitungan berulang yang sebelumnya dilakukan secara manual.

Dewasa ini muncul pandangan-pandangan yang menyatakan CT perlu diintegrasikan dalam pembelajaran sains, termasuk kimia. Rasionalnya adalah dalam dua dekade terakhir, setiap bidang sains mengalami kemajuan pesat karena fasilitasi dari komputasi [14]. Integrasi CT dalam pembelajaran sains memberi gambaran yang lebih otentik kepada peserta didik tentang realita apa yang dilakukan saintis di “masa kini”, sehingga pembelajaran sains berfungsi mempersiapkan peserta didik untuk berkarir dalam disiplin ilmu kimia dan ilmu-ilmu lain dalam rumpun sains. Di samping itu CT yang bertumpu pada keterampilan digital akan menjadi keterampilan dasar yang digunakan setiap orang di Abad ke-21, sehingga CT berperan mengembangkan literasi digital.

Dari perspektif pedagogi, penggunaan alat dan keterampilan komputasi memungkinkan pembelajaran dapat memfasilitasi pemahaman siswa secara lebih mendalam tentang konten sains. Integrasi CT dalam pembelajaran sains mengembangkan strategi-strategi mencari dan mengorganisasi, mengkreasi urutan algoritmik penyelesaian masalah, dan melakukan simulasi tentang sistem alami ataupun sistem yang didesain. Dalam *Next Generation Science Standard* (NGSS), standar capaian pembelajaran sains yang dirilis oleh NSTA di AS, CT difungsikan untuk memberikan pengalaman belajar menggunakan alat digital. Dengan cara itu diharapkan terjadi penguatan kompetensi sains peserta didik melalui otomasi kalkulasi-kalkulasi, solusi terhadap masalah yang sukar diselesaikan secara presisi jika dikerjakan secara manual, analisis set data-besar (*big data*) sebagai landasan untuk mengidentifikasi pola-pola dalam fenomena saintifik [15].

5. Tantangan Untuk R&D

Kebutuhan kualitas SDM pada era industri 4.0 melahirkan tantangan-tantangan baru untuk mereformasi praksis pendidikan agar mampu menyediakan generasi muda dengan kapasitas yang sesuai. Reformasi ini tidak mudah dilakukan karena akan menghadapi berbagai kendala dan resistensi, apalagi dewasa ini wujud pendidikan era industri 1.0 masih banyak dipraktikkan. Sementara itu jika ketimpangan antara kebutuhan dan penyediaan kualitas SDM tidak diselesaikan, akan sangat sulit bagi bangsa kita untuk memanfaatkan semua peluang era



industri 4.0 bagi mewujudkan kemajuan dan berkompetisi dengan bangsa lain. Dalam kaitan ini diperlukan upaya kuat melalui riset dan pengembangan untuk:

- (1) Memformulasi visi dan misi baru pendidikan 4.0 di Indonesia sebagai kerangka acuan bagi perancangan dan implementasi pendidikan untuk menunjang industri 4.0.
- (2) Merekonstruksi kurikulum yang ada, termasuk untuk mata pelajaran kimia, yang menjadi rujukan operasional bagi implementasi pendidikan 4.0 di semua jenjang Pendidikan.
- (3) Mengkreasi model-model alternatif bagi keberhasilan implementasi Pendidikan kimia 4.0. Kalaupun makalah ini menawarkan “pembelajaran berbasis STEM” dan “integrasi CT dalam pembelajaran kimia” sebagai alternatif rujukan bagi implementasi pendidikan kimia 4.0, bukan berarti hanya model-model itu yang dapat dilakukan.
- (4) Mengembangkan unit-unit contoh bagi desain pembelajaran semua topik kimia dalam kurikulum sebagai rujukan bagi praktisi di lapangan untuk mengimplementasikan Pendidikan kimia 4.0 secara efektif. Ketiadaan contoh akan menyukarkan praktisi pendidikan di lapangan dalam mewujudkan pembelajaran sesuai kurikulum.
- (5) Mengkreasi sistem penilaian capaian kinerja peserta didik yang sejalan (*aligned*) dengan prinsip-prinsip implementasi pendidikan 4.0. Penerapan metode-metode asesmen tradisional dalam pembelajaran, baik untuk asesmen formatif maupun asesmen sumatif, akan mendorong terjadinya “backwash” terhadap inovasi-novasi pembelajaran, yang berujung pada kembalinya praksis pendidikan ke cara-cara tradisional yang tidak sesuai lagi dengan kebutuhan implementasi pendidikan di era industri 4.0.

6. Kesimpulan

Makalah ini mengetengahkan rasional, fitur-fitur, dan implementasi pendidikan kimia 4.0, yakni pendidikan yang sesuai dengan kondisi dan tantangan era industri 4.0. Kesimpulan utama dari gagasan yang dielaborasi dalam makalah ini adalah sebagai berikut.

- (1) Pendidikan kimia 4.0 merupakan paradigma baru pendidikan kimia untuk merespon tuntutan pengembangan sumberdaya manusia dalam era Industri 4.0. Pendidikan kimia 4.0 bertumpu pada keseimbangan antara “kimia melalui pendidikan” dengan “pendidikan melalui kimia”. Dengan kerangka pikir ini tujuan pendidikan kimia bukan hanya fokus untuk memahami pengetahuan dan keterampilan kimia kepada peserta didik, melainkan memfungsikan pembelajaran kimia untuk mengembangkan kompetensi-kompetensi yang diperlukan peserta didik untuk hidup dan bersaing di era industri 4.0.
- (2) Fitur-fitur utama pendidikan kimia 4.0 adalah mata pelajaran kimia tidak sarat materi, melainkan fokus pada pengetahuan kimia yang esensial, menumbuhkan dan membina keterampilan-keterampilan abad-21, (keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi serta problem solving, dsb.), melibatkan teknologi digital dalam keseluruhan tahapan pembelajaran (pencarian informasi, pengorganisasian data kimia, analisis dan visualisasi data eksperimen kimia), menyediakan pengalaman belajar yang lebih otentik tentang aplikasi proses kimia di dunia industri dan aplikasi kimia untuk menyelesaikan problem riil yang dihadapi peserta didik dalam kehidupan sehari-hari.
- (3) Pembelajaran kimia berbasis STEM dan integrasi CT ke dalam pembelajaran kimia merupakan dua alternatif model pembelajaran yang potensial untuk diaplikasikan dalam mewujudkan pendidikan kimia 4.0.
- (4) Implementasi pendidikan kimia 4.0 memerlukan *mindset* baru tentang konstruk pendidikan kimia di jenjang pendidikan yang berintikan pendidikan kimia untuk menyiapkan peserta didik menghadapi tantangan era industri 4.0, serta mempunyai dorongan kuat untuk bertindak (bukan hanya berteori) mewujudkan pendidikan kimia 4.0 demi masa depan peserta didik yang gemilang serta daya saing global Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Hussin, A. A. 2018. Education 4.0 Made Simple: Ideas for Teaching. *International Journal of Education & Literacy Studies*, **6:3**, 92-98.
- [2] Maria, M., Shahbodin, F. dan Pee, N. C. 2016. Malaysian Higher Education System Toward Industry 4.0 – Current Trends Overview. *Proceeding of the 3rd International Conference on Applied Science and Technology (AIP Publishing)*, 1-7.
- [3] Greenstein, L. 2012. *Assessing 21st Century skills: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin.



- [4] Brown-Martin, G. 2017. Education and the Fourth Industrial Revolution. *Report for Groupe Media TFO*. Tersedia pada <https://www.groupemediatfo.org/wp-content/uploads/2017/12/FINAL>. [Diakses 8 Oktober 2021].
- [5] Firman, H. 2007. Pendidikan Kimia, dalam M. Ali, (Ed.), *Ilmu dan Aplikasi Pendidikan*. Bandung: Pedagogiana.
- [6] Holbrook, J. 2005. Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International*, **6:1**, 1-12.
- [7] Kementerian Perindustrian RI. 2018. *Making Indonesia 4.0: Revolusi Industri 4.0 Indonesia*. Jakarta: Kementerian Perindustrian RI.
- [8] Hofstein, A., dan Kesner, M. 2006. Industrial Chemistry and School Chemistry: Making Chemistry Studies More Relevant. *International Journal of Science Education*, **28:9**, 1017-1039.
- [9] Thai National STEM Education Center. 2014. *STEM Education Network Manual*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
- [10] Firman, H. 2015. *Pendidikan Sains Berbasis STEM: Konsep, Pengembangan, dan Peranan Riset Pascasarjana*. Makalah Seminar Nasional Pendidikan IPA dan PKLH Program Pascasarjana Universitas Pakuan Bogor.
- [11] Wing, J. M. 2006. Computational Thinking: It Represents a Universally Applicable Attitude and Skill Set Everyone, not Just Computer Scientists, Would Be Eager to Learn and Use. *Communications of the ACM*, **49:3**, 33-35.
- [12] Anderson, N. D. 2016. A Call for Computational Thinking in Undergraduate Psychology. *Psychology Learning & Teaching* **15:3**, 226-234.
- [13] Swanson, H., Anton, G., Bain, C., Horn, M., & Wilensky, U. 2019. *Introducing and Assessing Computational Thinking in the Secondary Science Classroom*, in S.C. Kong, S. & H. Abelson (Editors), *Computational Thinking Education* (pp. 99-117). Singapore: Springer Nature.
- [14] Weintrop, D., Behesti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. 2016. Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, **25:1**, 127-147.
- [15] Sneider, C., Stephenson, C., Schafer, B., & Flick, L. 2014. Exploring the Science Framework and NGSS: Computational Thinking in the Science Classroom. *Science Teacher*, **81:5**, 10-15