

**GREEN CHEMISTRY DALAM PENDIDIKAN DIGITAL:
Membangun Keterampilan Sains dan Karakter
Entrepreneurship untuk Mendukung Green
Economy**



**Hamela Sari Sitompul, S.Pd.,M.Pd
Intan Maulina, S.Pd., M.S
Douglas Pardede, S.Kom., M.Kom**



***GREEN CHEMISTRY* DALAM
PENDIDIKAN DIGITAL:**

**Membangun Keterampilan Sains dan Karakter
Entrepreneurship untuk Mendukung
*Green Economy***

***GREEN CHEMISTRY* DALAM PENDIDIKAN DIGITAL:
Membangun Keterampilan Sains dan Karakter
Entrepreneurship untuk Mendukung *Green Economy***

Hamela Sari Sitompul, S.Pd., M.Pd
Intan Maulina, S.Pd., M.S
Doughlas Pardede, S.Kom., M.Kom



***GREEN CHEMISTRY* DALAM PENDIDIKAN DIGITAL:
Membangun Keterampilan Sains dan Karakter
Entrepreneurship untuk Mendukung *Green Economy***

Penulis:

Hamela Sari Sitompul, S.Pd.,M.Pd
Intan Maulina, S.Pd., M.S
Doughlas Pardede, S.Kom., M.Kom

Editor:

Layouter :

Tim Kreatif PRCI

Cover:

Rusli

Cetakan Pertama : Juli 2025

Hak Cipta 2025, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

**Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT**

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2024 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2025
; 14,8 x 21 cm
ISBN

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada kami sehingga kami berhasil menyelesaikan Buku dengan judul *Green education* berbasis Digital pada Aspek *Green Chemistry* Mendukung Green Economy sesuai yang ditargetkan. Dalam konteks ini, *Green Education* hadir sebagai paradigma pendidikan yang menekankan pentingnya menumbuhkan kesadaran dan aksi ekologis dalam proses pembelajaran. Konsep ini mendorong pembelajar untuk tidak hanya memahami fenomena lingkungan, tetapi juga menginternalisasi nilai-nilai konservasi, efisiensi sumber daya, dan tanggung jawab ekologis sebagai bagian dari identitas dan perilaku sehari-hari. Kimia sebagai mata pelajaran sains memiliki potensi besar untuk menjadi wahana pembelajaran berbasis *Green Education*. Salah satunya melalui topik *Green Chemistry*, yaitu cabang ilmu kimia yang berfokus pada desain produk dan proses kimia yang mengurangi

atau menghilangkan penggunaan zat berbahaya dan pencemaran lingkungan. Dengan mengintegrasikan Green Chemistry dalam kurikulum kimia SMA, siswa diajak untuk memahami hubungan antara sains, teknologi, dan keberlanjutan lingkungan. Kajian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan proses sains pada mata materi kimia hijau di kelas X SMA; mengembangkan karakter entrepreneurship siswa; dan terciptanya multimedia interaktif berupa e-modul berbasis digital

Akhir kata, kami sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan Buku ini dari awal sampai akhir. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa meridhoi segala usaha kita. Amin.

Medan, Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	III
BAB I KONSEP <i>GREEN EDUCATION</i> DALAM PENDIDIKAN	1
A. Tujuan utama dari <i>Green Education</i> antara lain:	2
B. Prinsip-prinsip <i>Green Education</i>	3
C. Implementasi <i>Green Education</i> dalam Dunia Pendidikan	4
1. Kurikulum Berbasis Lingkungan	4
2. Green School Program	4
3. Ekstrakurikuler Lingkungan	4
4. Pembelajaran Aktif dan Kontekstual	4
D. Tantangan dalam Penerapan <i>Green Education</i>	5
E. Manfaat Jangka Panjang <i>Green Education</i>	5
F. Contoh Penerapan di Indonesia	6
BAB II <i>GREEN CHEMISTRY</i> SEBAGAI IMPLEMENTASI KONKRIT	9
A. Makna dan Prinsip Green Chemistry	11
B. Implementasi Konkrit di Berbagai Sektor	12
C. Manfaat dan Dampak Strategis	13
BAB III KONSEP <i>GREEN ECONOMY</i> DAN PENDIDIKAN BERBASIS KEBERLANJUTAN	15
A. Konsep Green Economy	16
B. Peran Pendidikan Berbasis Keberlanjutan	17

C. Sinergi <i>Green Economy</i> dan ESD	18
D. Tantangan dan Rekomendasi	18
 BAB IV HAKIKAT KETERAMPILAN PROSES SAINS	 21
A. Konsep Keterampilan Proses Sains	23
B. Peran KPS dalam Pembelajaran Kimia	24
C. Implementasi KPS dalam Pembelajaran Kimia	24
D. Tantangan dan Solusi	26
E. Implikasi terhadap Kurikulum dan Asesmen	26
 BAB V HAKIKAT PENDIDIKAN ENTREPRENEURSHIP BERBASIS KARAKTER	 29
A. Urgensi Pendidikan Entrepreneurship Berbasis Karakter	31
B. Integrasi Nilai-Nilai Karakter dalam Pendidikan Kewirausahaan	31
C. Dampak Positif Pendidikan Entrepreneurship Berbasis Karakter	33
D. Tantangan	34
 BAB VI STRATEGI PENGAJARAN KIMIA HIJAU BERBASIS DIGITAL	 37
A. Integrasi Konsep dalam Pembelajaran Kimia	38
B. Integrasi Nilai Entrepreneurship dan Karakter dalam Pembelajaran Kimia	38
C. Contoh-Contoh Implementasi Entrepreneurship dalam Pembelajaran Kimia	39
D. Pengantar Strategi Pengajaran Kimia Hijau Berbasis Digital	43
E. Strategi Pengajaran Kimia Hijau Berbasis Digital di Sekolah Menengah Atas (SMA)	43

F.	Transformasi Digital dalam Pendidikan Kimia	44
G.	Strategi Pengajaran Kimia Hijau Berbasis Digital	45
H.	Dampak Strategi ini terhadap Siswa	49
I.	Tantangan dan Rekomendasi	50

BAB VII PENGANTAR PENTINGNYA <i>GREEN CHEMISTRY</i> DALAM PENDIDIKAN DIGITAL	51
---	----

BAB VIII GREEN CHEMISTRY DALAM PENDIDIKAN DIGITAL	59
--	----

DAFTAR PUSTAKA	64
----------------	----



BAB I

KONSEP *GREEN EDUCATION*

DALAM PENDIDIKAN

Green Education (GE) adalah pendekatan pendidikan yang memadukan nilai-nilai ekologis dengan praktik pembelajaran untuk membentuk kesadaran dan perilaku berkelanjutan pada peserta didik. GE tidak hanya menasar aspek pengetahuan lingkungan, tetapi juga berupaya menginternalisasi nilai konservasi, tanggung jawab sosial, dan keberlanjutan dalam tindakan keseharian.

Pendidikan lingkungan hidup yang holistik memerlukan pendekatan interdisipliner dan kontekstual yang bisa diterapkan dalam seluruh mata pelajaran, termasuk sains dan kimia.

A. Tujuan utama dari *Green Education* antara lain:

- Meningkatkan Kesadaran Lingkungan: Membangun pemahaman tentang pentingnya menjaga dan melestarikan lingkungan sejak usia dini.
- Mendorong Tindakan Nyata: Mengajarkan cara-cara praktis mengurangi jejak ekologis, seperti daur ulang, hemat energi, dan penggunaan sumber daya secara bijak.

- Membentuk Karakter Hijau: Menumbuhkan sikap tanggung jawab, peduli lingkungan, dan kemampuan berpartisipasi dalam solusi masalah lingkungan.
- Mendukung Pembangunan Berkelanjutan: Mempersiapkan peserta didik menjadi warga global yang mendukung keberlanjutan ekonomi, sosial, dan lingkungan.

B. Prinsip-prinsip *Green Education*

Beberapa prinsip dasar dalam penerapan *Green Education* meliputi:

- Interdisipliner: Menggabungkan berbagai bidang ilmu untuk memahami keterkaitan antara manusia dan lingkungan.
- Partisipatif: Mendorong keterlibatan aktif siswa, guru, masyarakat, dan lembaga pendidikan.
- Kontekstual: Mengaitkan pembelajaran dengan permasalahan lingkungan lokal dan global.
- Berbasis Nilai: Mengintegrasikan nilai-nilai etika lingkungan, tanggung jawab sosial, dan keadilan ekologi.

- Aksi Nyata: Menyediakan ruang bagi peserta didik untuk melakukan proyek lingkungan.

C. Implementasi *Green Education* dalam Dunia Pendidikan

1. Kurikulum Berbasis Lingkungan

Mengintegrasikan tema lingkungan dalam berbagai mata pelajaran, seperti Biologi, IPS, Geografi, dan bahkan Matematika dan Bahasa melalui proyek lintas kurikulum.

2. Green School Program

Sekolah menerapkan kebijakan hijau seperti pengelolaan sampah, pemanfaatan energi terbarukan, taman sekolah, dan kantin sehat berbasis lokal.

3. Ekstrakurikuler Lingkungan

Mengembangkan klub pecinta alam, kegiatan daur ulang, penanaman pohon, pengolahan kompos, dan kampanye hemat energi.

4. Pembelajaran Aktif dan Kontekstual

Studi lapangan ke taman nasional, kawasan konservasi, atau ekowisata. Metode *project-based*

learning untuk menyelesaikan masalah lingkungan lokal.

D. Tantangan dalam Penerapan *Green Education*

Beberapa kendala umum yang dihadapi dalam penerapan *Green Education*:

- Keterbatasan sumber daya dan dana untuk program lingkungan.
- Kurangnya pelatihan guru dalam pendekatan pendidikan hijau.
- Belum menjadi prioritas dalam kebijakan pendidikan nasional di beberapa negara.
- Kurangnya partisipasi masyarakat dan stakeholder pendidikan.

E. Manfaat Jangka Panjang *Green Education*

- Generasi Peduli Lingkungan: Melahirkan individu yang sadar akan dampak perilaku terhadap ekosistem.
- Inovasi Sosial: Mendorong solusi kreatif dan teknologi hijau di masa depan.

- Keseimbangan Ekologis: Mengurangi kerusakan lingkungan melalui pola hidup berkelanjutan.
- Ketahanan Komunitas: Masyarakat lebih siap menghadapi krisis iklim dan bencana ekologis.

F. Contoh Penerapan di Indonesia

Beberapa program relevan yang mendukung *Green Education* di Indonesia:

- Adiwiyata: Program Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan untuk menciptakan sekolah peduli dan berbudaya lingkungan.
- Sekolah Berbasis Energi Terbarukan: Inisiatif beberapa sekolah di daerah untuk menggunakan panel surya dan teknologi hemat energi.
- Gerakan Menanam Pohon Sekolah: Melibatkan siswa dan guru dalam pelestarian lingkungan lokal.
- Green Education bukan hanya sebuah tren, tetapi merupakan kebutuhan mendesak dalam menjawab tantangan lingkungan global. Pendidikan yang mengajarkan cinta alam, tanggung jawab sosial, dan keberlanjutan sangat penting dalam membentuk masa depan yang lebih hijau. Melalui kolaborasi

antara sekolah, keluarga, masyarakat, dan pemerintah, Green Education dapat menjadi pilar kuat dalam membangun peradaban berkelanjutan



BAB II

***GREEN CHEMISTRY* SEBAGAI IMPLEMENTASI KONKRIT**

Green Chemistry adalah cabang ilmu kimia yang bertujuan mengurangi dampak negatif dari proses dan produk kimia terhadap lingkungan. Melalui penerapan 12 prinsip Green Chemistry, guru dan siswa dapat bersama-sama menjelajahi solusi atas permasalahan lingkungan melalui eksperimen sederhana dan inovatif. Konsep ini memperkuat pembelajaran berbasis proyek dan kolaborasi, dengan menghubungkan sains dan tanggung jawab ekologis.

Selama beberapa dekade, perkembangan industri kimia telah menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi global. Namun, di balik kemajuan tersebut, tersembunyi dampak negatif berupa pencemaran lingkungan, limbah beracun, serta risiko kesehatan manusia. Pendekatan kimia konvensional seringkali berorientasi pada hasil tanpa memperhatikan keberlanjutan dan keamanan proses. Dalam menghadapi krisis iklim, degradasi ekosistem, dan keterbatasan sumber daya alam, muncul kebutuhan mendesak akan paradigma baru dalam praktik kimia disinilah konsep Green Chemistry (Kimia Hijau) muncul sebagai solusi transformatif.

A. Makna dan Prinsip Green Chemistry

Green Chemistry adalah cabang ilmu kimia yang berfokus pada desain produk dan proses kimia yang mengurangi atau menghilangkan penggunaan dan pembentukan zat berbahaya. Diperkenalkan oleh Paul Anastas dan John Warner pada 1990-an, Green Chemistry memiliki 12 prinsip utama, termasuk:

1. Pencegahan limbah daripada pengolahan limbah.
2. Desain bahan kimia lebih aman bagi manusia dan lingkungan.
3. Penggunaan bahan baku terbarukan.
4. Efisiensi energi dan penggunaan kondisi reaksi yang ramah lingkungan.
5. Penggunaan katalisator daripada reagen berlebih.
6. Desain produk agar mudah terurai secara alami.

Prinsip-prinsip ini memberikan kerangka kerja yang sistematis dan ilmiah untuk mendefinisikan praktik kimia yang lebih berkelanjutan.

B. Implementasi Konkrit di Berbagai Sektor

1. Industri Farmasi dan Obat-obatan

Industri farmasi menjadi pionir dalam adopsi Green Chemistry melalui pengurangan jumlah tahap sintesis, peningkatan rendemen, dan penggunaan pelarut ramah lingkungan. Misalnya, pembuatan obat Ibuprofen kini telah dikembangkan menggunakan proses atom economy tinggi dan minim limbah.

2. Industri Energi

Dalam sektor energi, Green Chemistry digunakan dalam pengembangan biofuel dari biomassa, menggantikan bahan bakar fosil. Proses transesterifikasi minyak nabati menjadi biodiesel menggunakan katalis heterogen adalah contoh konkret penerapan prinsip hijau.

3. Bahan Kimia Rumah Tangga dan Kosmetik

Perusahaan mulai mengembangkan produk pembersih dan kosmetik berbahan dasar alami tanpa senyawa volatil atau mikroplastik. Penggunaan surfaktan berbasis glukosa, misalnya, menjadi pilihan alternatif terhadap deterjen fosfat.

4. Pendidikan dan Riset Akademik

Laboratorium kimia di universitas juga mulai menerapkan pendekatan Green Chemistry dalam eksperimen mahasiswa, seperti penggunaan pelarut air, reaksi pada suhu kamar, dan penggunaan reagen non-toksik. Hal ini penting untuk membentuk kesadaran lingkungan sejak dini.

C. Manfaat dan Dampak Strategis

Implementasi Green Chemistry tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi melalui efisiensi proses, pengurangan biaya pengolahan limbah, dan peningkatan citra perusahaan. Di tingkat global, Green Chemistry juga mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam bidang kesehatan, industri, dan konsumsi-produksi yang berkelanjutan.

Meskipun menjanjikan, penerapan Green Chemistry masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan teknologi, biaya investasi awal, dan resistensi terhadap perubahan. Diperlukan sinergi

antara pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat untuk menciptakan kebijakan, insentif, serta edukasi berkelanjutan yang mendukung implementasi Green Chemistry secara luas.



BAB III

KONSEP *GREEN ECONOMY*

DAN PENDIDIKAN BERBASIS

KEBERLANJUTAN

Green Economy merupakan pendekatan pembangunan yang mengedepankan efisiensi sumber daya, keadilan sosial, dan perlindungan lingkungan. Integrasi konsep Green Economy dalam pendidikan dapat meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap dampak ekonomi dari aktivitas lingkungan, serta mendorong terciptanya inovasi sosial. Pendidikan berbasis ekonomi hijau menuntut guru untuk menyusun strategi pembelajaran yang menekankan keterampilan berpikir sistemik dan reflektif.

A. Konsep Green Economy

Green Economy didefinisikan oleh UNEP (2011) sebagai "ekonomi yang menghasilkan peningkatan kesejahteraan manusia dan keadilan sosial, sekaligus mengurangi risiko lingkungan dan kelangkaan ekologi secara signifikan." Ciri utama dari ekonomi hijau adalah efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan emisi karbon, pelestarian keanekaragaman hayati, dan peningkatan inklusi sosial.

Penerapan ekonomi hijau tidak hanya terbatas pada sektor energi atau industri, tetapi juga mencakup pertanian berkelanjutan, transportasi ramah

lingkungan, pariwisata hijau, dan pengelolaan limbah yang efisien. Kebijakan fiskal dan insentif ekonomi memainkan peran penting dalam mendorong transisi menuju ekonomi hijau.

B. Peran Pendidikan Berbasis Keberlanjutan

Pendidikan memiliki peran strategis dalam mempercepat adopsi prinsip ekonomi hijau melalui transformasi cara berpikir, bertindak, dan berinovasi. Pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan bertujuan untuk:

- Meningkatkan literasi ekologis dan kesadaran kritis terhadap isu-isu lingkungan.
- Menumbuhkan nilai-nilai tanggung jawab sosial dan etika keberlanjutan.
- Mendorong keterampilan abad ke-21 seperti berpikir sistemik, kolaboratif, dan inovatif.

Implementasi ESD tidak hanya dilakukan di ruang kelas melalui kurikulum, tetapi juga melalui pendekatan holistik yang mencakup budaya sekolah, kebijakan lembaga pendidikan, serta partisipasi aktif dalam aksi lingkungan komunitas.

C. Sinergi *Green Economy* dan ESD

Kolaborasi antara *Green Economy* dan ESD menjadi fondasi penting dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan secara menyeluruh. Pendidikan dapat menjadi jembatan antara pengetahuan ilmiah, kebijakan publik, dan partisipasi masyarakat dalam mendukung ekonomi hijau.

Beberapa strategi integratif meliputi:

- Penguatan kurikulum lintas disiplin yang mengaitkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.
- Inkubator inovasi hijau di lembaga pendidikan untuk merangsang wirausaha sosial dan teknologi ramah lingkungan.
- Kemitraan antara dunia pendidikan, industri, dan pemerintah dalam program magang, riset terapan, dan kebijakan berbasis bukti.

D. Tantangan dan Rekomendasi

Meskipun potensinya besar, tantangan implementasi *Green Economy* dan ESD masih signifikan, antara lain resistensi institusi terhadap perubahan, keterbatasan

kapasitas guru, dan kurangnya dukungan kebijakan terintegrasi. Oleh karena itu, diperlukan:

1. Investasi dalam pelatihan pendidik dan pengembangan kurikulum yang relevan.
2. Insentif kebijakan untuk lembaga pendidikan yang mempraktikkan prinsip hijau.
3. Promosi budaya keberlanjutan dalam setiap lini kehidupan masyarakat.