

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Kimia Hijau

Data Mengerikan Soal Sampah Plastik di Lautan

Seekor paus sperma mati. Di perutnya ditemukan sampah-sampah plastik. Lautan memang sudah ternoda oleh plastik, sampah yang terus membunuh makhluk laut. World Economic Forum pada 2016 menyatakan ada lebih dari 150 juta ton plastik di samudra planet ini. Tiap tahun, 8 juta ton plastik mengalir ke laut. Padahal plastik bisa berumur ratusan tahun di lautan dan terurai menjadi partikel kecil dalam waktu yang lebih lama lagi. Plastik bakal terakumulasi terus dan terus di laut "Tanpa tindakan yang signifikan, kelak bakal lebih banyak plastik ketimbang ikan di samudra, berdasarkan bobotnya, pada 2050," kata World Economic Forum dalam 'The New Plastics Economy, Rethinking The Future of Plastics'. Bahkan pada 2025, rasio plastik

dibanding ikan di samudra diperkirakan menjadi 1:3. Plastik bakal terus bertambah menjadi 250 juta ton, sedangkan jumlah ikan terus menurun akibat penangkapan yang makin gencar.

Sementara World Economic Forum menyatakan ada 150 juta ton plastik di lautan saat ini, lain lagi dengan Jenna R Jambeck (Universitas Georgia) dkk dalam penelitiannya. Jenna dkk menuliskan ada 275 juta metrik ton sampah plastik di 192 negara berpantai. Dari 275 juta metrik ton sampah itu, sebanyak 4,8-12,7 juta metrik ton *nyemplung* ke samudra. Sampah-sampah itu terus membunuh makhluk hidup di lautan. Berdasarkan penelitian yang diterbitkan Sekretariat Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati pada 2016, sampah di lautan telah membahayakan lebih dari 800 spesies. Dari 800 spesies itu, 40% adalah mamalia laut dan 44% adalah spesies burung laut. Konferensi Laut PBB di New York 2017 menyebut limbah plastik di lautan membunuh 1 juta burung laut, 100 ribu mamalia laut, kura-kura laut, dan ikan-ikan yang tak terhitung jumlahnya, tiap tahun. Selain sampah plastik, sampah di lautan juga

terdiri dari peralatan perikanan yang ditinggalkan begitu saja, biasa disebut 'jaring hantu' atau 'peralatan hantu'. Jumlahnya 640 ribu ton atau 10 persen dari sampah laut. Sampah jaring menjebak kura-kura, burung, dan mamalia laut. Berikut ini segelintir contoh kasus hewan yang terancam gara-gara plastik:

1. Sedotan Plastik di Hidung Kura-kura

Video YouTube berisi tayangan ngeri soal penyelamatan kura-kura ini menjadi viral. Sedotan plastik sepanjang 12 cm dicabut dari lubang hidung kura-kura malang itu. Darah mengucur dari hidung kura-kura. Video ini viral sehingga Menteri Kelautan dan Perikanan Susi Pudjiastuti ikut memasang di akun Twitter-nya. Video ini berasal dari peristiwa pada Agustus 2015. Binatang itu dalam bahasa Inggris disebut 'turtle' jenis 'olive ridley'. Dalam Bahasa Indonesia, hewan itu disebut juga sebagai penyu lekang. Hewan yang diselamatkan dari sedotan yang mengancam itu berada di perairan Kosta

Rika oleh Christine Figgener, biologis kelautan dari Universitas Texas A&M.

2. Paus Telan 80 Kantong Plastik

Dilansir *BBC*, seekor paus pilot mengalami sakit dan tak bisa berenang di kawasan Thailand selatan. Akhirnya paus itu mati pada 1 Juni 2018. Upaya penyelamatan dari petugas perairan Thailand tak berhasil menyelamatkan nyawa paus itu. Usut punya usut, paus itu ternyata telah menelan 80 kantong plastik, bobotnya 8 kg.

3. Tutup Botol di Dalam Bangkai Burung

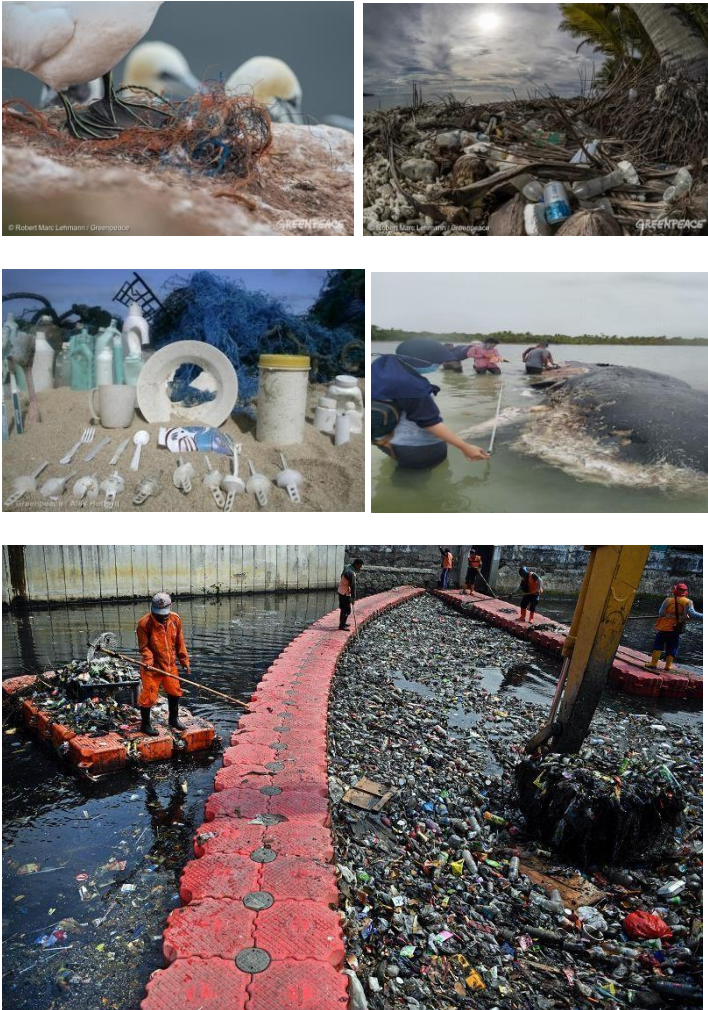
Fotografer Chris Jordan memotret bangkai burung albatros. Bagian dalam perut burung itu tersibak, isinya ada tutup botol plastik dan berbagai benda plastik lainnya.

Jordan menemukan bangkai burung demikian di Midway AS pada September 2009. Dia melihat ribuan bangkai anak burung. "Ini sangat menghancurkan dan muram, saya bertanya bagaimana mendapatkan harapan yang baik dari situ," kata Jordan, dilansir *The Guardian*. Menurut PBB, dalam paparan soal problem plastik sekali

pakai, disampaikan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 99% burung laut bakal menelan plastik pada 2055.

4. Paus Sperma di Wakatobi

Kabar ini masih cukup hangat. Paus sperma ditemukan sudah menjadi bangkai. Di perutnya terdapat berbagai jenis sampah. Bangkai paus itu ditemukan di perairan Pulau Kapota, Wakatobi, Sulawesi Tenggara, 19 November 2018. Di perutnya, ada sampah gelas plastik 750 gr (115 buah), plastik keras 140 gr (19 buah), botol plastik 150 gr (4 buah), kantong plastik 260 gr (25 buah), serpihan kayu 740 gr (6 potong), sandal jepit 270 gr (2 buah), karung nilon 200 gr (1 potong), dan tali rafia 3.260 gr (lebih dari 1.000 potong). Total berat basah sampah 5,9 kg. Masih banyak lagi hewan laut yang sengsara akibat sampah plastik. Bagaimana menghentikan plastik supaya tak lagi merusak alam?(Danu Damarjati – detikNews dalam <https://news.detik.com/berita/d-4315147/data-mengerikan-soal-sampah-plastik-di-lautan>)



Gambar 1.1 Sampah Plastik di Wakatobi

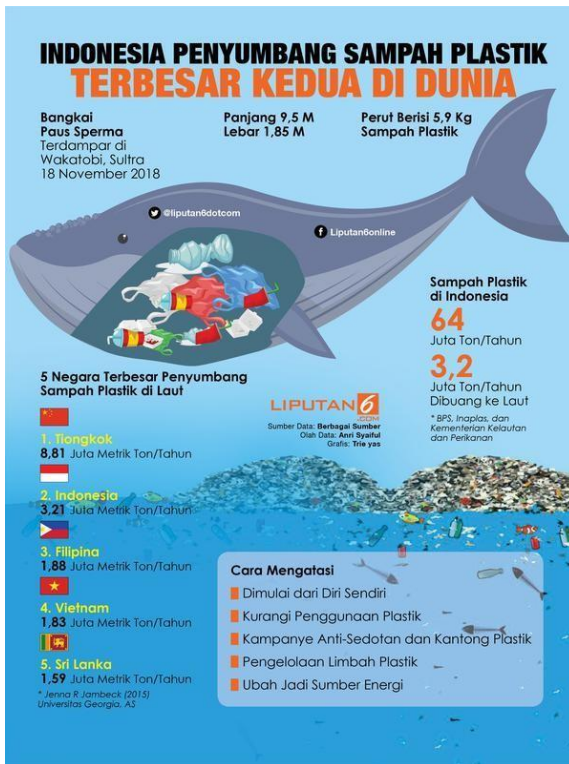
Jakarta, IDN Times - Plastik masih menjadi penyumbang masalah besar bagi laut di Indonesia. Direktur Gerakan Indonesia Diet Kantong Plastik Tiza Mafira mengatakan, sejauh ini ada 150 juta ton sampah plastik di laut. "Jika tidak dilakukan intervensi, populasi ikan di tahun 2050 akan kalah banyak dibandingkan sampah di lautan," ujar Tiza di Jakarta, Kamis (25/10).

1. Mikroplastik banyak ditemukan dalam tubuh ikan

Menurut Tiza, cara terbaik untuk mengurangi sampah plastik di laut adalah dengan melakukan perubahan gaya hidup di daratan. Hal itu dapat dilakukan dengan tidak menggunakan plastik sekali pakai, baik itu plastik kemasan, sedotan, hingga sendok plastik.

"Mikroplastik kini banyak ditemukan di dalam ikan. 90 persen garam juga mengandung mikroplastik. Di air kemasan mineral pun ada (mikroplastik). Inilah hasil plastik-plastik yang dibuang ke perairan dan gak bisa kembalike alam," ujar Tiza (Indiana Malia dalam <https://www.idntimes.com/news/indonesia/indianamalia/>

ngeri-laut-indonesia-tercemar-150-juta-ton-sampah-plastik/full)



Gambar 1.2 Indonesia Penyumbang Sampah Plastik Terbesar Kedua di Dunia

Liputan6.com, Jakarta - Minggu sore, 18 November 2018, sekitar pukul 16.00 Wita, seekor paus sperma (*Physeter macrocephalus*) ditemukan warga terdampar

di sekitar Pulau Kapota, Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara. Paus sepanjang 9,5 meter dan memiliki lebar 1,85 meter itu ditemukan dalam kondisi sudah jadi bangkai.

Saat ditemukan, paus malang itu dikelilingi sampah plastik dan potongan-potongan kayu. Saat perut paus dibelah, ternyata di dalamnya juga berisi beragam sampah plastik seberat kurang lebih 6 kilogram. Sampah-sampah dalam perut paus itu terdiri dari plastik keras 19 buah seberat 140 gram, botol plastik 4 buah 150 gram, kantong plastik 25 buah 260 gram. Ada pula sepasang sandal jepit seberat 270 gram hingga tali rafia 3,6 kilogram dan gelas-gelas plastik.

Penemuan tersebut baru terungkap pada Senin keesokan harinya, saat salah seorang warga mengunggah fotonya di salah satu akun media sosial miliknya. Sejak itu, kabar bangkai paus sperma yang menelan plastik menjadi viral dan memunculkan keprihatinan banyak pihak.

Lembaga swadaya masyarakat (LSM) Greenpeace Indonesia, misalnya, mengatakan kalau kasus di

Wakatobi hanyalah salah satu contoh kasus dari sejumlah peristiwa pencemaran akibat sampah plastik di lautan.

"Mungkin kita masih ingat, di tahun ini terdapat video viral seorang wisatawan mancanegara yang memperlihatkan kondisi perairan di Nusa Penida, Bali yang sudah tercemar dengan sampah-sampah plastik," ujar Juru Kampanye Urban Greenpeace Indonesia, Muharram Atha Rasyadi kepada Liputan6.com, Selasa (27/11/2018).

Bahkan, kasus serupa juga terjadi tak jauh dari Ibu Kota, tepatnya pada Maret 2018 lalu.

"Ketika itu, wilayah konservasi mangrove di Muara Angke sempat tercemar karena kedatangan lebih dari 50 ton sampah yang sebagian besar merupakan sampah plastik dari lautan," jelas Atha.

Dia mengatakan, sampah plastik yang berakhir di lautan sangat berpotensi mencemari dan memberikan dampak yang serius bagi keseimbangan ekosistem di laut. Ketika

semuanya sudah menggunung, tak cukup dengan daur ulang untuk bisa melenyapkannya.

"Daur ulang bukanlah jawaban utama atas permasalahan yang terjadi pada saat ini. Pengurangan (reduksi) adalah kuncinya. Semua pihak harus berperan aktif dalam mewujudkan hal itu," papar Atha. (Ika defianti, 28 Nopember 2018 dalam <https://www.liputan6.com/news/read/3772521/headline-sampah-plastik-indonesia-juara-2-dunia-bagaimana-mengatasinya>)



Gambar 1.3 Sampah Plastik di Laut Indonesia

TEMPO.CO, Jakarta - Tim peneliti LIPI melakukan kajian sampah plastik di laut. Studi tersebut dilakukan di 18 pantai di Indonesia yang dijadikan area monitoring setiap bulan untuk pemantauan sampah terdampar dan 13 pesisir di Indonesia dijadikan area sampling mikroplastik di permukaan air. Serta delapan lokasi untuk mikroplastik di sedimen dan satu genus ikan (*Stolephorus sp*) dari 10 lokasi se-Indonesia. "Hasilnya, jenis sampah ditemukan dari seluruh area monitoring pantai adalah kategori plastik dan karet, logam, kaca, kayu (olahan), kain, lainnya, serta bahan berbahaya. Perhitungan kasarnya dengan asumsi sederhana diperkirakan 100 ribu hingga 400 ribu ton plastik per tahun milik masyarakat Indonesia masuk ke laut," ujar Peneliti Pusat Penelitian Oseanografi LIPI Muhammad Reza Cordova, dalam keterangan tertulis, Rabu, 12 Desember 2018.

Sampah dominan berasal dari plastik sekitar 36 hingga 38 persen di seluruh area kajian. Mikroplastik ditemukan pada seluruh lokasi kajian baik pada permukaan air, sedimen maupun pada tubuh ikan.

Mikroplastik terbanyak ditemukan di permukaan air Sulawesi Selatan dan Teluk Jakarta. Di dua daerah tersebut terdapat 7,5 sampai 10 partikel per meter kubik. Pada sedimen ditemukan lebih dari 100 partikel per kilogram di Aceh, Sulawesi Selatan, dan Biak.

"Mikroplastik ditemukan antara 58 sampai 89 persen pada ikan teri atau *Stolephorus* sp 0,25 sampai 1,5 partikel per gram. Walaupun relatif rendah, hal ini perlu diwaspadai, mengingat dampak lain dari mikroplastik yang belum banyak diketahui," kata Reza. Hasil tersebut menggambarkan bahwa penggunaan plastik masih sangat tinggi. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan adanya korelasi positif antara kepadatan penduduk dengan sampah plastik serta mikroplastik pada lingkungan. Selain itu, plastik dan mikroplastik yang ditemukan didominasi dari jenis plastik sekali pakai.

"Dalam menganggulangi permasalahan sampah laut, khususnya sampah plastik dan mikroplastik diperlukan peran seluruh pihak, dari pemerintah, perguruan tinggi,

pihak swasta dan industri serta LSM untuk mengurangi konsumsi plastik," kata Reza. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) mengungkap bahwa polusi plastik yang awalnya dilihat sebagai masalah estetika, kini juga menunjukkan dampak negatif pada biota laut, seperti salah makan dan tersangkut atau terjerat.

(Moh Khory Alfarizi dan Amri MahbubJumat, 14 Desember 2018 07:00 WIB dalam <https://tekno.tempo.co/read/1155151/lipi-400-ribu-ton-sampah-plastik-masuk-ke-laut-tiap-tahun/full&view=ok>).

Peneliti Pusat Penelitian Oseanografi LIPI Muhammad Reza Cordova, Rabu, 12 Desember 2018 mengatakan pada tahun 2050 diprediksi jumlah sampah plastik akan melebihi jumlah ikan.(Ryan Maulana dalam <https://video.tempo.co/read/12784/pada-2050-lipi-sebut-sampah-plastik-melebihi-jumlah-ikan>).

Efek dari sampah plastik bagi hewan laut

Bahaya sampah yang mengandung zat-zat kimiawi pada hewan diantaranya adalah menimbulkan luka fisik di saluran usus, translokasi ke jaringan atau organ lain, penurunan berat badan yang signifikan, pengurangan aktivitas makan yang signifikan, dan cacat perkembangan. Lalu, apa yang bisa kita lakukan?

Dr. rer. nat. Mufti Petala Patria, M.Sc menuturkan bahwa permasalahan ini bukan hanya menjadi tanggung jawab pemerintah ataupun institusi terkait, tapi masyarakat juga perlu berperan aktif dan turut berkontribusi. Misalnya saja berperilaku bijak dalam menggunakan produk berbahan dasar plastik bahkan sebisa mungkin menghindari penggunaan barang-barang yang berpotensi menjadi sampah, bukan hanya plastik, sehingga mengurangi produksi sampah plastik ataupun sejenisnya demi terciptanya lingkungan yang bersih dan sehat.

Jika permasalahan sampah plastik ini dibiarkan, menurut Dr. rer. nat. Mufti Petala Patria, M.Sc., akan berdampak pada sosial dan ekonomi masyarakat Indonesia, terutama yang tinggal di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil

karena mengakibatkan penurunan pendapatan negara dari sektor kelautan.

Lebih lanjut, Dr. rer. nat. Mufti Petala Patria, M.Sc., menjelaskan bahwa upaya pengelolaan sampah menjadi produk yang bermanfaat juga sangat penting untuk ditingkatkan dengan didukung oleh teknologi yang berkembang saat ini, misalnya saja mengkonversikan sampah menjadi energi, selain itu kemasan *bio-plastic* berbahan dasar singkong maupun tanaman lainnya juga berpotensi dikembangkan. Namun yang paling penting adalah kesadaran tiap individu untuk dapat mengurangi polusi plastik.
<http://www.sci.ui.ac.id/sampah-plastik-di-laut-masalah-yang-serius/>



Gambar 1.4 Sampah Plastik Dunia

KOMPAS.com– Sampah menjadi salah satu permasalahan yang dialami oleh berbagai negara di dunia karena sifatnya yang sulit diurai, namun keberadaannya semakin meningkat setiap tahun. Masing-masing negara memiliki jumlah sampah yang berbeda dengan berbagai latar belakang penduduk dan kondisi negaranya. Berikut ini beberapa angka tentang plastik yang didapat dari Our World in Data. Produksi Sampah Dunia Jumlah produksi sampah dunia dari 1950-2015.(Our World in Data) Berdasarkan data dari ScienceMag, jumlah produksi sampah plastik global sejak 1950 hingga 2015 cenderung selalu menunjukkan peningkatan. Pada 1950, produksi sampah dunia ada di angka 2 juta ton per tahun. Sementara 65 tahun setelah itu, pada 2015 produksi sampah sudah ada di angka 381 juta ton per tahun. Angka ini meningkat lebih dari 190 kali lipat, dengan rata-rata peningkatan sebesar 5,8 ton per tahun. Baca juga: Saat Sampah Plastik Membunuh Binatang dan Mencemari Lautan Dunia. Klasifikasi produksi sampah Jenis-jenis sampah berdasarkan sektornya.(Our World in Data) Produksi sampah sepanjang 2015 di bidang industrial, dapat diklasifikasi

menjadi beberapa jenis. Paling banyak produksi berasal dari sektor plastik kemasan produk yakni sebanyak 146 ton per tahun. Disusul dengan sampah di bidang bangunan dan konstruksi sebanyak 65 juta ton. Jenis sampah lainnya adalah tekstil, produk konsumsi dan institusional, transportasi, elektronik, dan mesin industri. Ukuran partikel sampah plastik Ukuran partikel sampah(Our World in Data) Sampah plastik terdiri dari berbagai ukuran mulai dari yang besar dan dapat terlihat dengan jelas, hingga yang berukuran begitu kecil dan tak lagi dapat dilihat menggunakan mata telanjang. Baca juga: INFOGRAFIK: Sampah Plastik dalam Perut Paus yang Mati di Wakatobi Produksi sampah per kapita Jika dikalkulasikan, produksi sampah masing-masing negara berdasarkan hitungan per kapita per tahun, rata-rata penggunaan sampah plastik tertinggi dipegang oleh Kuwait (0,69 kg), Guyana (0,59 kg), Jerman (0,49 kg), Irlandia (0,43 kg), Belanda (0,42 kg), dan Amerika (0,34 kg). Sementara Indonesia relatif jauh di bawahnya dengan angka 0,06 kg. Data ini diambil tidak berdasarkan jenis dan pengelolaan sampah yang ada di negara tersebut, namun menunjukkan tumpukan sampah

total di sebuah negara di bagi dengan jumlah penduduk negara tersebut. Sehingga, data yang disajikan ini tidak menunjukkan risiko polusi atau kerusakan lingkungan yang akan ditimbulkan. Bisa jadi, negara yang memiliki banyak sampah lebih minim risiko terkena polusi dan kerusakan, karena memiliki sistem pengelolaan sampah yang baik, dan sebaliknya. Artikel ini telah tayang di Kompas.com dengan judul "Sampah Plastik Dunia (Bayu Galih dan Luthfia Ayu Azanella dalam <https://internasional.kompas.com/read/2018/11/21/18465601/sampah-plastik-dunia-dalam-angka>)



Gambar 1.5 Sampah Plastik

Untuk memahami besarnya input plastik ke lingkungan alami dan lautan dunia, kita harus memahami berbagai elemen dari produksi plastik, distribusi, dan rantai

pengelolaan limbah. Ini sangat penting, tidak hanya dalam memahami skala masalah tetapi juga dalam mengimplementasikan intervensi yang paling efektif untuk mengurangi. Data dan visualisasi yang mengikuti entri ini dikembangkan untuk memberikan ikhtisar ini langkah demi langkah. Ini dirangkum dalam gambar di bawah ini.

Di sini kita melihat pada tahun 2010:

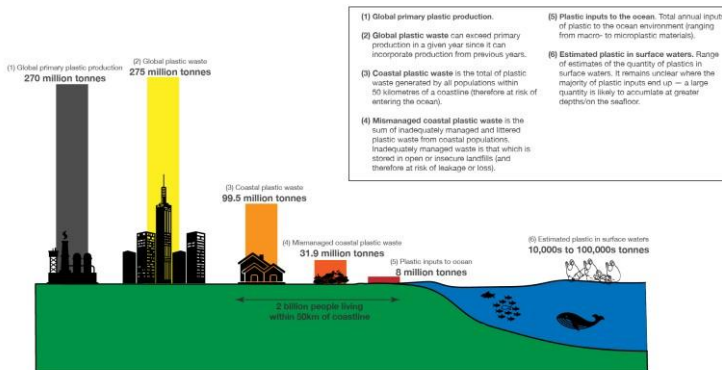
- Produksi primer global plastik adalah 270 juta ton;
- Limbah plastik global adalah 275 juta ton (dan dapat melebihi produksi primer tahunan melalui pemborosan plastik dari tahun-tahun sebelumnya);
- Sampah plastik yang paling berisiko memasuki lautan dihasilkan pada populasi pesisir (dalam jarak 50 kilometer dari garis pantai); pada tahun 2010 limbah plastik pantai berjumlah 99,5 juta ton;
- Hanya limbah plastik yang tidak dikelola dengan baik (salah kelola) yang berisiko tinggi bocor ke lingkungan; pada 2010 ini berjumlah 31,9 juta ton;

- Dari jumlah ini, 8 juta ton - 3% limbah plastik tahunan global - memasuki lautan (melalui berbagai outlet, termasuk sungai);
- Diperkirakan 10.000 hingga 100.000 ton plastik berada di perairan permukaan laut (beberapa kali lipat lebih rendah dari input plastik laut). Perbedaan ini dikenal sebagai 'masalah plastik yang hilang' dan dibahas di sini

How much plastic enters the world's oceans?



Estimates of global plastics entering the oceans in 2010 based on the pathway from primary production through to marine plastic inputs. Data is based on global estimates from Jambeck et al. (2015) based on plastic waste generation rates, coastal population sizes, and waste management practices by country. Estimates of plastic pollution in surface waters are derived from Eriksen et al. (2014).

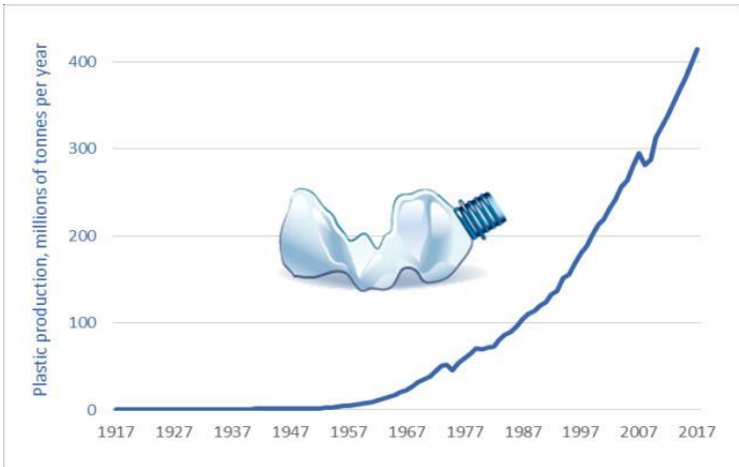


Source: data based on Jambeck et al. (2015) and Eriksen et al. (2014). Icon graphics from Noun Project. This is a visualization from OurWorldInData.org, where find data and research on how the world is changing.

Licensed under CC-BY-SA by Hannah Ritchie and Max Roser (2018).

Gambar 1.6 Banyak Plastik yang Memasuki Lautan Dunia

(<https://ourworldindata.org/uploads/2018/08/Plastic-production-to-ocean-input.png>)

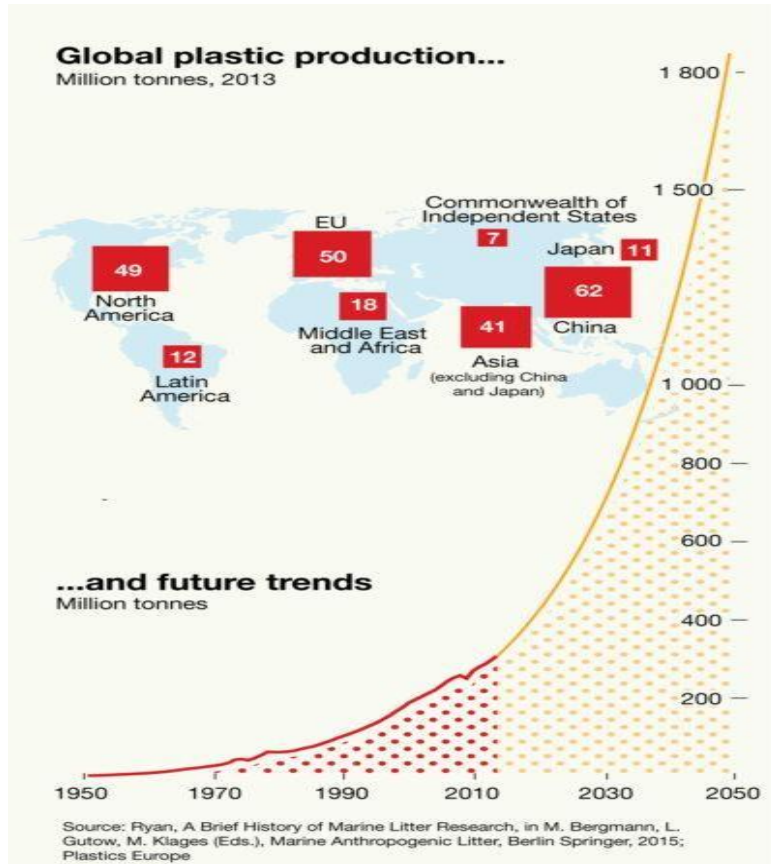


Gambar 1.7 Produksi Plastik Global, 1917 hingga 2050

Grafik minggu ini menunjukkan produksi plastik tahunan global selama 100 tahun terakhir. Tidak mengherankan, kita melihat pertumbuhan eksponensial — ciri khas peradaban konsumen industri-petro kita. Grafik jangka panjang dari hampir semua hal (produksi pupuk nitrogen, penggunaan energi, produksi mobil, emisi gas rumah kaca, perjalanan udara, dll.) Menunjukkan take-off eksponensial yang sama.

Plastik menyajikan berita baik / berita buruk. Pertama, kita harus mengakui bahwa kapasitas produksi yang kami kembangkan luar biasa! Di seluruh dunia, pabrik kami sekarang memproduksi sekitar 400 juta ton plastik per tahun. Itu lebih dari satu miliar kilogram per hari! Di seluruh dunia kami telah membangun ribuan mesin yang, secara kolektif, dapat memproduksi minuman ringan plastik dan botol air dengan kecepatan hampir 20.000 per detik. Mesin ekonomi kami sangat kuat sehingga kami berhasil menggandakan tonase produksi plastik global dalam waktu kurang dari dua dekade.

Tapi tentu saja itu juga berita buruk: kami telah menggandakan tonase produksi plastik dalam waktu kurang dari dua dekade. Dan korporasi dan pemerintah dunia akan meminta kita untuk menggandakan dan melipatgandakan produksi plastik. Grafik di bawah ini menunjukkan peningkatan tonase produksi sebesar empat kali lipat pada tahun 2050.



Gambar 1.8 Proyeksi Produksi Plastik Global, 1950 hingga 2050 Sumber : UN GRID-Arendal

Plastik adalah produk dari kecerdikan dan inovasi manusia — salah satu solusi hebat peradaban. Mereka ringan, tahan lama, kedap udara, tahan pembusukan,

murah, dan dapat dicetak menjadi berbagai macam produk. Tetapi tingkat produksi tahun 2050 yang diproyeksikan jelas merupakan hal yang terlalu baik. Sistem ekonomi kita yang kecanduan pertumbuhan memiliki kemampuan untuk mengubah setiap solusi menjadi masalah — setiap kekuatan menjadi kelemahan.

Pada tingkat produksi saat ini dan yang diproyeksikan, plastik adalah masalah besar. Secara singkat:

1. Plastik selamanya — well, hampir. Kecuali untuk tonase yang telah kami bakar, hampir semua plastik yang pernah diproduksi masih ada di suatu tempat di biosfer, meskipun sebagian besar sekarang tidak terlihat oleh manusia, direduksi menjadi partikel kecil di ekosistem laut dan darat. Plastik itu bagus karena tahan lama dan tahan membusuk. Plastik adalah masalah besar karena alasan yang sama.
2. Hanya 18 persen plastik yang didaur ulang. Ini adalah tarif untuk plastik secara keseluruhan, termasuk plastik di mobil dan bangunan. Untuk kemasan plastik (botol air, kantong keripik, kemasan supermarket, dll.) Tingkat daur ulang hanya 14 persen. Tetapi banyak dari aliran

masuk plastik itu dikeluarkan selama proses penyortiran dan daur ulang, sehingga hanya 5 persen dari bahan kemasan plastik yang benar-benar dikembalikan untuk digunakan melalui daur ulang. Dan sepertiga dari kemasan plastik lolos dari sistem pengumpulan sampah sepenuhnya dan hilang langsung ke lingkungan: ke pinggir jalan atau ke sungai, danau, dan lautan.

3. Lautan sekarang menjadi wadah sedikitnya 8 miliar kilogram plastik setiap tahun — setara dengan truk sampah yang penuh muatan plastik ke laut setiap menit. Tingkat pertumbuhan yang diproyeksikan di atas akan berarti bahwa pada tahun 2050 lautan akan menerima setara dengan satu truk muatan plastik setiap 15 detik, malam dan siang. Dan kecuali kita sangat membatasi produksi dan pembuangan plastik, pada tahun 2050 massa plastik di lautan kita akan melebihi massa ikan. Begitu berada di lautan, plastik bertahan selama berabad-abad, dalam bentuk partikel yang lebih kecil dan lebih kecil. Kontaminasi masif ini datang di atas dampak manusia lainnya: penangkapan ikan berlebihan, pengasaman, dan kenaikan suhu laut.

4. Plastik adalah produk bahan bakar fosil. Plastik dibuat dari bahan mentah minyak dan gas alam - molekul yang diekstraksi dari minyak dan gas menjadi plastik. Dan minyak, gas, dan sumber energi lainnya digunakan untuk memberi daya pada proses pembuatan plastik. Menurut satu perkiraan, 4 persen dari produksi minyak dunia dikonsumsi sebagai bahan baku untuk plastik dan tambahan 4 persen menyediakan energi untuk menjalankan pabrik plastik.

5. Plastik mengandung zat aditif yang membahayakan manusia dan spesies lain: penghambat api, zat penstabil, antibiotik, bahan pembuat plastik, pigmen, bisphenol A, phthalate, dll. Banyak zat aditif yang meniru hormon atau mengganggu sistem hormon. 150 miliar kilogram plastik saat ini di lautan mencakup 23 miliar kg aditif, yang semuanya akhirnya akan dilepaskan ke ekosistem lautan tersebut.

Penting untuk memikirkan plastik, bukan hanya karena menunjukkan kepada kita bahwa kita melakukan sesuatu yang salah, tetapi karena kisah tragis plastik menunjukkan kepada kita mengapa dan bagaimana produksi dan sistem energi kita salah. Kisah plastik

mengungkapkan peran pertumbuhan eksponensial dalam mengubah solusi menjadi masalah. Berpikir tentang aliran produk plastik (sumur minyak ... pabrik ... toko ... rumah ... tempat pembuangan sampah / laut) menunjukkan kepada kita mengapa sangat penting untuk mengadopsi daur ulang loop tertutup dan sistem pengawasan produk yang sangat efektif. Dan seluruh bencana plastik menggambarkan biaya tersembunyi konsumerisme, kerusakan jaminan dari produk sekali pakai, dan kegagalan "pasar" untuk melindungi planet ini.

Dalam sebuah makalah baru-baru ini yang mengambil gambaran besar, jangka panjang pada plastik, para ilmuwan menyarankan bahwa "tanpa ... strategi manajemen yang dirancang untuk plastik akhir-hidup, manusia sedang melakukan eksperimen tak terkontrol tunggal pada skala global, di mana miliaran metrik ton material akan terakumulasi di semua ekosistem darat dan perairan utama di planet ini. "December 17, 2017 by Darrin Qualman dalam <https://www.darrinqualman.com/global-plastics-production/>

Bioplastik

Semua benda plastik yang kita temui dalam kehidupan kita sehari-hari cenderung mengalami degradasi oleh banyak faktor seperti tekanan mekanik, panas, hidrolisis, radiasi UV, oksidasi. Tetapi ketika bahan baku plastik dibuat, aditif tertentu ditambahkan untuk mencegah degradasi plastik, sebelum dibuat menjadi komponen yang berguna. Dan aditif ini meningkatkan masa pakai plastik dengan mencegah degradasi awal.

Ketika kita melihat plastik dalam sudut pandang struktural, plastik biodegradable memiliki hubungan yang mudah terurai seperti anhidrida, ortoester, ester. Karena adanya keterkaitan ini, berat molekul plastik turun hingga 1000's dari lakh sebagai akibat degradasi. Mikroorganisme mampu mengasimilasi bahan organik berbobot molekul rendah yang berat molekulnya kurang dari 10.000 (sekitar) dan melepaskan CO_2 , H_2O , CH_4 sebagai produk metabolisme.

Proses mengubah karbon organik (Plastik) menjadi karbon anorganik (produk metabolisme) dikenal

sebagai mineralisasi. Plastik biodegradable pertamanya terdegradasi menjadi produk-produk dengan berat molekul rendah kemudian mereka termineralisasi lebih lanjut oleh agen biologis. E.g., PLA, PLGA (Mereka memiliki kelompok ester yang dapat terhidrolisa yang memulai degradasi)

Plastik tradisional atau plastik normal di sisi lain tidak mengandung ikatan yang mudah terurai. Kelompok utama mereka adalah kelompok hidrokarbon, kelompok amina, anggota ester dengan kelompok penghalang untuk mencegah degradasi yang mudah. Jadi mereka tinggal di tanah tanpa degradasi selama bertahun-tahun. Namun, ketika plastik ini terdegradasi ke kisaran berat molekul 1000, mereka juga akan berasimilasi dengan agen biologis sebagai kasus plastik biodegradable. E.g., PE, PP.

Tantangan terbesar saat ini adalah mengurangi berat molekul plastik normal ini menjadi 1.000's setelah dibuang

Plastik non-biodegradable umumnya didasarkan pada polimer 'rantai utama karbon'. Polimer ini adalah

molekul rantai panjang yang hanya terdiri dari ikatan karbon-karbon. Ikatan karbon-karbon seperti itu sangat kuat, dan tidak mudah putus. Plastik daur ulang sering didasarkan pada pati. Pati juga merupakan polimer, tetapi di dalamnya mengandung jenis ikatan lain (seperti ikatan karbon-oksigen) yang kurang kuat, dan dapat lebih mudah putus dengan aktivasi dengan air, matahari dan atau oksigen. Dengan demikian, mereka menurun seiring waktu. Bioplastik terbuat dari bahan alami seperti tepung jagung. Plastik biodegradable dibuat dari petrokimia tradisional, yang direayasa untuk terurai lebih cepat. Plastik ramah lingkungan atau plastik daur ulang, yang hanya terbuat dari plastik yang terbuat dari bahan plastik daur ulang daripada petrokimia mentah. (<https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-normal-and-biodegradable-plastic>)

Bioplastik adalah plastik yang berasal dari sumber biomassa terbarukan, seperti lemak nabati dan minyak, tepung jagung, jerami, woodchip, limbah makanan, dll. Bioplastik dapat dibuat dari produk sampingan pertanian

dan juga dari botol plastik bekas dan wadah lainnya menggunakan mikroorganisme.

Apa jenis bioplastik yang ada dan sifat apa yang mereka miliki?

Bioplastik adalah kumpulan material yang beragam dengan sifat yang berbeda. Ada tiga kelompok utama:

1. Berbasis bio (atau sebagian berbasis bio), plastik tahan lama seperti bio-based polyethylene (PE), polyethylene terephthalate (PET) (disebut solusi drop-in), polimer kinerja teknis berbasis bio, seperti berbagai poliamida (PA), atau (sebagian) poliuretan berbasis bio (PUR);
2. Plastik berbasis kompos yang dapat terbiodegradasi secara biologis, seperti asam polilaktat (PLA), polihidroksialkanaoat (PHA), polibutilena suksinat (PBS), dan campuran pati;
3. Plastik yang didasarkan pada sumber daya fosil dan dapat terurai secara hayati, seperti PBAT dan PCL, tetapi itu dapat diproduksi setidaknya sebagian berbasis bio di masa depan.

Berbasis plastik, plastik tahan lama, seperti PE berbasis bio atau PET berbasis bio, memiliki sifat yang identik dengan versi konvensional. Bioplastik ini secara teknis setara dengan fosilnya; namun, mereka dapat membantu mengurangi jejak karbon suatu produk. Selain itu, mereka dapat didaur ulang secara mekanis dalam aliran daur ulang sesuai yang ada.

Bahan inovatif seperti PLA, PHA, atau bahan berbasis pati menawarkan solusi dengan fungsi yang benar-benar baru seperti biodegradabilitas dan komposabilitas dan dalam beberapa kasus dioptimalkan sifat penghalang.

Seiring dengan pertumbuhan berbagai bahan bioplastik, sifat-sifat seperti fleksibilitas, daya tahan, kemampuan cetak, transparansi, penghalang, tahan panas, kilap dan banyak lagi telah ditingkatkan secara signifikan. <https://www.european-bioplastics.org/faq-items/what-types-of-bioplastics-do-exist-and-what-properties-do-they-have/>

Definisi Bahan Kimia Hijau

Ada beberapa definisi kimia hijau, yang pertama didefinisikan secara singkat oleh Irdawati, Green chemistry (kimia hijau) didefinisikan sebagai model (design) dalam proses pembuatan produk dengan mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan kimia. Definisi yang sumbernya dari Wikipedia mengatakan bahwa Kimia hijau, juga disebut *kimia berkelanjutan*, adalah filsafat penelitian dan rekayasa/teknik kimia yang menganjurkan desain produk dan proses yang meminimasi penggunaan dan penciptaan senyawa-senyawa berbahaya. Sementara kimia lingkungan adalah cabang kimia yang membahas lingkungan hidup dan zat-zat kimia di alam, kimia hijau justru berupaya mencari cara untuk mengurangi dan mencegah pencemaran pada sumbernya. Pada tahun 1990 *Pollution Prevention Act* (Undang-Undang Pencegahan Pencemaran) telah disahkan di Amerika Serikat. Undang-undang ini membantu menciptakan *modus operandi* untuk berurusan dengan pencemaran secara inovatif. Undang-

undang ini bertujuan untuk mencegah masalah sebelum terjadi pencemaran.

Sebagai sebuah filsafat kimia, kimia hijau berlaku pada kimia organik, kimia anorganik, biokimia, kimia analitik, dan bahkan kimia fisis. Sementara kimia hijau tampak berfokus pada industri tetapi sebenarnya kimia hijau berlaku juga pada semua cabang kimia. Usaha yang dilakukan adalah meminimasi bahaya dan memaksimalkan efisiensi penggunaan bahan kimia. Bedanya dengan kimia lingkungan yang berfokus pada gejala-gejala kimia di lingkungan.

Pada tahun 2005 Ryōji Noyori mengenali tiga pengembangan-penting di dalam kimia hijau yaitu (1) penggunaan karbondioksida superkritis sebagai pelarut hijau, (2) teknik rekayasa biokimia dipandang sebagai sebuah teknik yang menjanjikan untuk mencapai tujuan-tujuan kimia hijau.

Difinisi lain kimia hijau atau *Green Chemistry* adalah berbagai teknik dan metodologi kimia yang berusaha mengurangi atau menghilangkan penggunaan atau produksi bahan mentah, produk,

produk samping, pelarut, reagensia, dan sebagainya yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungannya (Anastas, 1998). Kimia hijau mulai mendapatkan perhatian besar dari berbagai pihak, dimulai dari bahan dan proses kimia yang dirancang untuk mengurangi atau menghilangkan dampak negatif bagi lingkungan. *Green chemistry* merupakan pendekatan yang sangat efektif dalam memberikan dengan solusi ilmiah yang inovatif untuk pencegahan polusi atau pencemaran pada lingkungan. Konsep kimia hijau mulai dikenal global pada awal tahun 1990 setelah Environmental Protection Agency (EPA) mengeluarkan Pollution Prevention Act yang merupakan kebijakan nasional untuk mencegah atau mengurangi polusi. <http://nurudinmz.blog.uns.ac.id/2017/03/14/12-prinsip-prinsip-green-chemistry-untuk-mencegah-pencemaran-lingkungan/>.

Dihinisi yang lebih lengkap dari LIPI, Green chemistry atau “kimia hijau” merupakan bidang kimia yang berfokus pada pencegahan polusi. Pada awal 1990-an, green chemistry mulai dikenal secara global setelah

Environmental Protection Agency (EPA) mengeluarkan Pollution Prevention Act yang merupakan kebijakan nasional untuk mencegah atau mengurangi polusi. Green chemistry merupakan pendekatan untuk mengatasi masalah lingkungan baik itu dari segi bahan kimia yang dihasilkan, proses ataupun tahapan reaksi yang digunakan. Konsep ini menegaskan tentang suatu metode yang didasarkan pada pengurangan penggunaan dan pembuatan bahan kimia berbahaya baik itu dari sisi perancangan maupun proses. Bahaya bahan kimia yang dimaksudkan dalam konsep green chemistry ini meliputi berbagai ancaman terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, termasuk toksisitas, bahaya fisik, perubahan iklim global, dan penipisan sumber daya alam.

Istilah kimia digunakan dalam “green chemistry” dimaksudkan karena melibatkan struktur dan perubahan suatu materi. Perubahan tersebut pasti melibatkan energi sebagai sumbernya. Oleh karena itu konsep green chemistry ini juga erat kaitannya dengan energi dan penggunaannya baik itu secara langsung maupun yang

tidak langsung seperti penggunaan suatu material dalam hal pembuatan, penyimpanan dan proses penyalurannya.

Green chemistry merupakan pendekatan yang sangat efektif untuk mencegah terjadinya polusi karena dapat digunakan secara langsung oleh para ilmuwan dalam situasi sekarang. Konsep ini lebih memfokuskan pada cara pandang seorang peneliti untuk menempatkan aspek lingkungan pada prioritas utama. Area penelitian dalam bidang green chemistry ini meliputi pengembangan cara sintesis yang lebih ramah lingkungan, penggunaan bahan baku yang terbarukan, merancang bahan kimia yang green, serta penggunaan bioteknologi sebagai alternatif dalam industri (Sharma, 2008).

Anastas dan Warner (1998) mengusulkan konsep “The Twelve Principles of Green Chemistry” yang digunakan sebagai acuan oleh para peneliti untuk melakukan penelitian yang ramah lingkungan. Berikut adalah ke-12 prinsip kimia hijau yang diusulkan oleh Anastas dan Warner.

1. Mencegah timbulnya limbah dalam proses

Lebih baik mencegah daripada menanggulangi atau membersihkan limbah yang timbul setelah proses sintesis, karena biaya untuk menanggulangi limbah sangat besar.

2. Mendesain produk bahan kimia yang aman

Pengetahuan mengenai struktur kimia memungkinkan seorang kimiawan untuk mengkarakterisasi toksisitas dari suatu molekul serta mampu mendesain bahan kimia yang aman. Target utamanya adalah mencari nilai optimum agar produk bahan kimia memiliki kemampuan dan fungsi yang baik akan tetapi juga aman (toksisitas rendah). Caranya adalah dengan mengganti gugus fungsi atau dengan cara menurunkan nilai bioavailability.

3. Mendesain proses sintesis yang aman

Metode sintesis yang digunakan harus didesain dengan menggunakan dan menghasilkan bahan kimia yang tidak beracun terhadap manusia dan lingkungan. Hal tersebut

dapat dilakukan dengan dua cara yaitu meminimalkan paparan atau meminimalkan bahaya terhadap orang yang menggunakan bahan kimia tersebut.

4. Menggunakan bahan baku yang dapat terbarukan

Penggunaan bahan baku yang dapat diperbarui lebih disarankan daripada menggunakan bahan baku yang tak terbarukan didasarkan pada alasan ekonomi. Bahan baku terbarukan biasanya berasal dari produk pertanian atau hasil alam, sedangkan bahan baku tak terbarukan berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, dan bahan tambang lainnya.

5. Menggunakan katalis

Penggunaan katalis memberikan selektifitas yang lebih baik, rendemen hasil yang meningkat, serta mampu mengurangi produk samping. Peran katalis sangat penting karena diperlukan untuk mengkonversi menjadi produk yang diinginkan. Dari sisi green chemistry penggunaan katalis berperan pada peningkatan selektifitas, mampu

mengurangi penggunaan reagen, dan mampu meminimalkan penggunaan energi dalam suatu reaksi.

6. Menghindari derivatisasi dan modifikasi sementara dalam reaksi kimia

Derivatisasi yang tidak diperlukan seperti penggunaan gugus pelindung, proteksi/deproteksi, dan modifikasi sementara pada proses fisika ataupun kimia harus diminimalkan atau sebisa mungkin dihindari karena pada setiap tahapan derivatisasi memerlukan tambahan reagen yang nantinya memperbanyak limbah.

7. Memaksimalkan atom secara ekonomi

Metode sintesis yang digunakan harus didesain untuk meningkatkan proporsi produk yang diinginkan dibandingkan dengan bahan dasar. Konsep atom ekonomi ini mengevaluasi sistem terdahulu yang hanya melihat rendemen hasil sebagai parameter untuk menentukan suatu reaksi efektif dan efisien tanpa melihat seberapa besar limbah yang dihasilkan dari reaksi tersebut. Atom ekonomi disini digunakan untuk menilai proporsi produk

yang dihasilkan dibandingkan dengan reaktan yang digunakan. Jika semua reaktan dapat dikonversi sepenuhnya menjadi produk, dapat dikatakan bahwa reaksi tersebut memiliki nilai atom ekonomi 100%. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai atom ekonomi:

$$\text{Atom ekonomi (\%)} = \frac{\text{Mol produk}}{\text{Mol reaktan}} \times 100\%$$

8. Menggunakan pelarut yang aman

Penggunaan bahan kimia seperti pelarut, ekstrak, atau bahan kimia tambahan yang lain harus dihindari penggunaannya. Apabila terpaksa harus digunakan, maka harus seminimal mungkin. Penggunaan pelarut memang sangat penting dalam proses sintesis, misalkan pada proses reaksi, rekristalisasi, sebagai fasa gerak pada kromatografi, dan lain-lain. Penggunaan yang berlebihan akan mengakibatkan polusi yang akan mencemari lingkungan. Alternatif lain adalah dengan menggunakan beberapa tipe pelarut yang lebih ramah lingkungan seperti ionic liquids, fluorous phase chemistry, supercritical carbon dioxide, dan "biosolvents". Selain itu ada beberapa metode sintesis baru yang lebih aman

seperti reaksi tanpa menggunakan pelarut ataupun reaksi dalam media air.

9. Meningkatkan efisiensi energi dalam reaksi

Energi yang digunakan dalam suatu proses kimia harus mempertimbangkan efek terhadap lingkungan dan aspek ekonomi. Jika dimungkinkan reaksi kimia dilakukan dalam suhu ruang dan menggunakan tekanan. Penggunaan energi alternatif dan efisien dalam sintesis dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode baru diantaranya adalah dengan menggunakan radiasi gelombang mikro (microwave), ultrasonik dan fotokimia.

10. Mendesain bahan kimia yang mudah terdegradasi

Bahan kimia harus didesain dengan mempertimbangkan aspek lingkungan, oleh karena itu suatu bahan kimia harus mudah terdegradasi dan tidak terakumulasi di lingkungan. Seperti sintesis biodegradable plastik, biodergradable polimer, serta bahan kimia lainnya.

11. Penggunaan metode analisis secara langsung untuk mengurangi polusi

Metode analisis yang dilakukan secara real-time dapat mengurangi pembentukan produk samping yang tidak diinginkan. Ruang lingkup ini berfokus pada pengembangan metode dan teknologi analisis yang dapat mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya dalam prosesnya.

12. Meminimalisasi potensi kecelakaan

Bahan kimia yang digunakan dalam reaksi kimia harus dipilih sedemikian rupa sehingga potensi kecelakaan yang dapat mengakibatkan masuknya bahan kimia ke lingkungan, ledakan dan api dapat dihindari.

Aplikasi penerapan ke-12 prinsip kimia hijau ini masih belum sepenuhnya dilakukan para kimiawan khususnya yang bergerak pada bidang sintesis dalam hal desain reaksi dan metode yang digunakan untuk mencegah seminimal mungkin terjadinya pencemaran lingkungan. Marilah kita mulai penelitian yang lebih

berwawasan lingkungan dengan mempertimbangkan aspek green chemistry, agar generasi mendatang dapat hidup lebih baik.<http://bptba.lipi.go.id/bptba3.1/?u=blog-single&p=343&lang=id>

Daftar Pustaka

Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam. 2015. Kimia Hijau / Green Chemistry. Diakses dari <http://bptba.lipi.go.id/bptba3.1/?u=blog-single&p=343&lang=id> pada tanggal 2 Juli 2019.

Bayu Galih dan Luthfia Ayu Azanella dalam <https://internasional.kompas.com/read/2018/11/21/18465601/sampah-plastik-dunia-dalam-angka>

Danu Damarjati – detikNews dalam <https://news.detik.com/berita/d-4315147/data-mengerikan-soal-sampah-plastik-di-lautan>

Darrin Qualman. December 17, 2017 dalam <https://www.darrinqualman.com/global-plastics-production/>

Indiana Malia dalam <https://www.idntimes.com/news/indonesia/india>

namalia/ngeri-laut-indonesia-tercemar-150-juta-ton-sampah-plastik/full

Ika defianti, 28 Nopember 2018 dalam <https://www.liputan6.com/news/read/3772521/headline-sampah-plastik-indonesia-juara-2-dunia-bagaimana-mengatasinya>

Moh Khory Alfarizi dan Amri Mahbub Jumat, 14 Desember 2018 07:00 WIB dalam <https://tekno.tempo.co/read/1155151/lipi-400-ribu-ton-sampah-plastik-masuk-ke-laut-tiap-tahun/full&view=ok>

Nurudin. 2017. Prinsip – Prinsip Green Chemistry Untuk Mencegah Pencemaran Lingkungan. Diakses dari <http://nurudinmz.blog.uns.ac.id/2017/03/14/12-prinsip-prinsip-green-chemistry-untuk-mencegah-pencemaran-lingkungan/> pada tanggal 2 Juli 2019.

Ryan Maulana dalam <https://video.tempo.co/read/12784/pada-2050-lipi-sebut-sampah-plastik-melebihi-jumlah-ikan>

<http://www.sci.ui.ac.id/sampah-plastik-di-laut-masalah-yang-serius/>

<https://ourworldindata.org/uploads/2018/08/Plastic-production-to-ocean-input.png>

<https://www.european-bioplastics.org/faq-items/what-types-of-bioplastics-do-exist-and-what-properties-do-they-have/>

<https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-normal-and-biodegradable-plastic>

BAB II

PERKEMBANGAN BAHAN KIMIA HIJAU

2.1 Kimia Hijau untuk Industry Tekstil

Proses di dalam industri tekstil banyak menggunakan bahan kimia penyebab polusi dan memerlukan waktu yang cukup lama untuk menggeser kepada penggunaan bahan kimia hijau yang dapat menghemat energi, air dan bahan kimia yang lebih ramah lingkungan yaitu mengganti bahan kimia menjadi biokimia. Teknologi enzim menawarkan banyak sekali keuntungan yang telah terbukti apabila digunakan di dalam proses industri tekstil. Beberapa hambatan yang ada di dalam pergeseran penggunaan bahan kimia menjadi bahan biokimia masih terus dicarikan solusinya melalui penelitian dan pengembangan produksi enzim yang murah dan mudah didapatkan di pasar komersial.

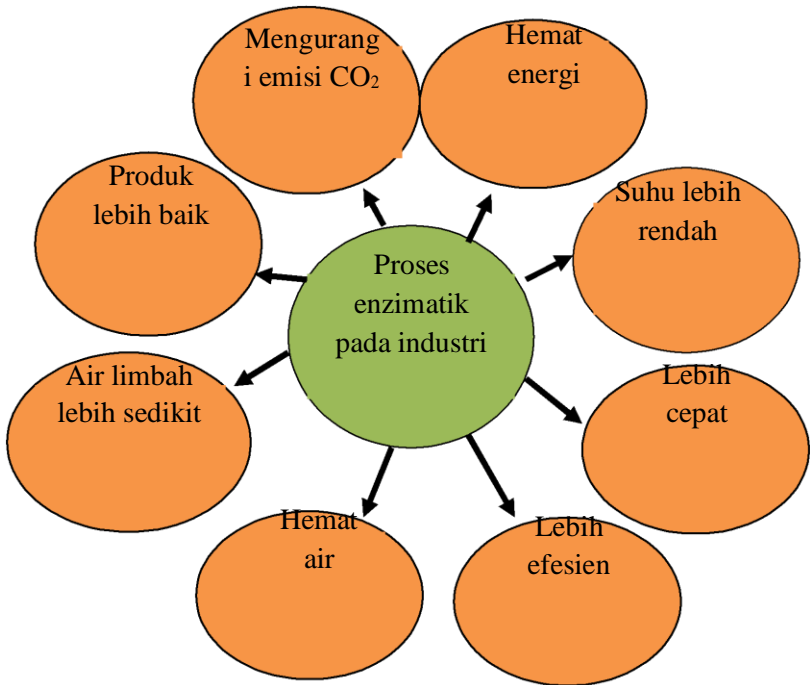
Dalam pengembangan teknologi berkelanjutan, teknologi enzim memegang peranan yang penting karena proses kimia yang melibatkan enzim dapat memnuhi tujuh kriteria kimia hijau seperti yang dikemukakan oleh (Anastasia dan Wamer, 1998), yaitu :

- 1). Dapat mengeleminasi limbah,
- 2). Dapat mengurangi pelarut beracun dalam reaksi kimia,
- 3). Menghasilkan produk yang tidak beracun
- 4). Menghemat energi karena proses dapat dilakukan pada suhu rendah.
- 5). Tidak menggunakan bahan bahan konvensional seperti bahan untuk bleaching dll.
- 6). Dapat digunakan sebagai katalisator pada proses yang memerlukan adanya reaksi kimia
- 7). Proses yang menggunakan enzim ramah lingkungan karena enzim adalah bahan biodegradable.

Beberapa bahan kimia beracun dapat digantikan oleh enzim dimana enzim dapat mengurangi biaya produksi, dan mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Enzim bahkan dapat digunakan pada setiap tahap proses kimia tekstil. Sehingga dapat mengurangi jumlah dan variasi bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan tekstil. Untuk lebih jelas keuntungan enzim di dalam proses industri tekstil dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Fokus bahasan dalam bab ini adalah aspek aspek yang mempengaruhi berhubungan dengan enzim, aplikasi

enzim pada industri tekstil dan keuntungan aplikasi enzim pada industri tekstil.



Gambar 2.1 Keuntungan Enzim di Dalam Proses Industri Tekstil

2.1.1. Aspek-Aspek yang Berhubungan dengan Enzim

Aspek aspek yang berhubungan dengan enzim meliputi klasifikasi enzim dan peranan enzim didalam rekasi kimia.

Klasifikasi enzim

Lembaga yang pertama dan sampai sekarang berlaku di seluruh dunia dalam hal penamaan enzim EC (Enzyme commision) membagi enzim menjadi 1500 macam enzim yang berbeda tugas dan fungsinya dan dapat dibagi menjadi 6 (enam) golongan sesuai dengan jenis reaksi yang dapat dikatalisis oleh enzim. Enzim merupakan protein aktif yang mempunyai aktivitas mempercepat suatu reaksi tertentu dengan menurunkan energi aktifasi reaksi. Sehingga reaksi dapat berlangsung pada suhu ruangan. Klasifikasi enzim didasarkan kepada jenis reaksi yang dapat dikatalisis oleh enzim dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi enzim

[http://staffnew.uny.ac.id/upload/132310880/pendidikan/](http://staffnew.uny.ac.id/upload/132310880/pendidikan/Enzim4.pdf)

[Enzim4.pdf](http://staffnew.uny.ac.id/upload/132310880/pendidikan/Enzim4.pdf)

<https://syamelly96.wordpress.com/2014/11/16/sejarah-pengertian-peran-dan-klasifikasi-enzim/>

No.	Klasifikasi enzim	Fungsi	Contoh
1	Oksidoreduktase	Membantu dengan cepat delokalisasi elektron dari molekul reduktor ke molekul oksidator dengan bantuan cofaktor NADP atau NAD. Mangkatalisis reaksi oksidasi-reduksi	Katalase, Glukosa oksidase, Laccase. Alkohol dehidrogenase
2	Transferase	Memindahkan gugus fungsional	Fruktosil transferase Glukosil transferase Heksokinase
3	Hidrolase	Mengkatalisis	Amilase,

		reaksi	cellulase,
		hidrolisis	lipase, protease, Tripsin
4	Liase	Pengurangan gugus untuk membentuk ikatan rangkap C-C, C-O dan C-N	Pektat liases, alfa acetolaktat dekarboksilase Piruvat dekarboksilase
5	Isomerase	Menyusun kembali gugus fungsional melalui reaksi isomerisasi	Glukosa isomerase Maleat isomerase
6	Ligase	Penggabungan dua molekul	Piruvat karboksilase

1. Oksidoreduktase

Oksidoreduktase adalah kelompok enzim yang terlibat dalam reaksi reduksi dan oksidasi (redox). Reaksi redox merupakan reaksi kimia yang memindahkan elektrok dari suatu rektan ke unsur produk. Reduksi adalah reaksi yang menyebabkan suatu senyawa kehilangan elektron ditandai dengan hilangnya unsur hidrogen atau oksigen. Sementara oksidasi adalah reaksi kimia yang menyebabkan suatu senyawa menerima donor elektron.

Reduksi dan oksidasi adalah reaksi yang berlawanan. Meski demikian, keduanya saling berhubungan. Reaksi redoks adalah reaksi paling umum yang terjadi pada seluruh metabolisme di dalam tubuh organisme seperti glikolisis. Enzim – enzim yang tergolong dalam kelompok oksidoreduktase ialah enzim dehidrogenase, peroksidase, oksigenase, hidrosilase, dan lainnya.

2. Transferase

Transferase adalah kelompok enzim yang mengkatalisis reaksi pemindahan gugus dari satu senyawa ke senyawa lainnya. Senyawa yang dirombak berperan sebagai donor, sementara senyawa yang menerima disebut sebagai aseptor. Reaksi ini merupakan reaksi dasar yang ditemukan pada makhluk hidup. Tujuan dari reaksi yang dikatalisis oleh enzim transferase ialah mendapatkan senyawa yang dibutuhkan. Contohnya ialah allanine aminotransferase mampu mengubah asam amino alanin menjadi aspartate. Enzim yang tergolong dalam kelompok transferase ialah esterase, peptidase, glikosidase, dan lainnya.

3. Liase

Liase adalah kelompok enzim yang mengkatalisis reaksi pemecahan ikatan ganda suatu senyawa kimia tanpa menambahkan air. Enzim ini disebut juga enzim sintetase yaitu enzim yang mengkatalisis reaksi pembentukan ikatan ganda pada suatu senyawa kimia. Dengan kata lain, liase dapat bekerja bolak balik yaitu merombak dan menyusun ikatan ganda pada suatu senyawa kimia. Cara kerja enzim liase ialah dengan mengeliminasi ikatan ganda atau ikatan benzene (cincin). Contoh enzim yang tergolong liase ialah dekarboksilase, aldolase, dan dehidratase.

4. Hidrolase

Hampir serupa dengan enzim liase, hidrolase merupakan kelompok enzim yang mengkatalisis reaksi pemecahan ikatan suatu senyawa kompleks hanya saja pada hidrolase perlu ditambahkan air. Terdapat sekitar 200 enzim yang memiliki aktivitas hidrolase yang kemudian dikelompokkan menjadi dua kelompok besar. Eksohidrolase yaitu kelompok enzim hidrolase yang memecah ikatan protein dari rantai paling luar.

Sementara kelompok endohyrolase yaitu enzim hidrolase yang memecah ikatan mulai dari rantai tengah suatu senyawa kompleks.

5. Isomerase

Isomerase adalah kelompok enzim yang mengkatalisis reaksi perubahan struktur tanpa mengubah komposisi (jumlah) molekul suatu senyawa kimia. Dengan kata lain, enzim ini akan mengubah satu substrat menjadi satu produk yang secara komposisi atomnya sama (rumus kimianya sama) namun bentuk dari senyawanya berbeda. Reaksi ini dapat ditemui pada reaksi glikolisis yaitu reaksi isomer (pengubahan bentuk) dihidroksi aseton fosfat diubah menjadi gliseraldehid 3-fosfat oleh enzim triosefosfat isomerase

6. Ligase

Ligase adalah enzim yang mengkatalisis reaksi penggabungan (liga = gabungan) dua senyawa menjadi satu. Berbeda dengan hidrolase yang memecah ikatan dengan menambahkan air, ligase menggabungkan dua senyawa kimia dengan membuang komponen airnya.

Kerja enzim ligase ini akan membutuhkan energi berpotensi tinggi dari pemecahan ATP. Contohnya ialah DNA-Ligase yaitu enzim ligase yang akan menggabungkan rantai DNA yang rusak (putus) dalam upaya perbaikan. Enzim ligase telah banyak digunakan dalam bidang bioteknologi untuk menyatukan dua DNA yang berbeda untuk menghasilkan DNA rekombinan.<https://www.kakakpintar.id/macam-macam-enzim-dan-fungsinya/>

2.1.2. Aplikasi Enzim untuk Proses Hijau dalam Pengolahan Serat Menjadi Kain

Serat katun terdiri dari selulosa (95-97) % dan pengotor (3-5) %. Pengotor terdiri dari minyak, lilin, protein, pektin, mineral, pigmen dan berbagai macam garam organik dan anorganik. Tahapan proses dari serat mentah menjadi kain adalah : Pemisahan tepung dari permukaan serat (desizing), pemisahan lilin, pektin, protein dan lemak alam dari permukaan serat (scouring of greige), dan proses selanjutnya ditampilkan pada Tabel 2.2.

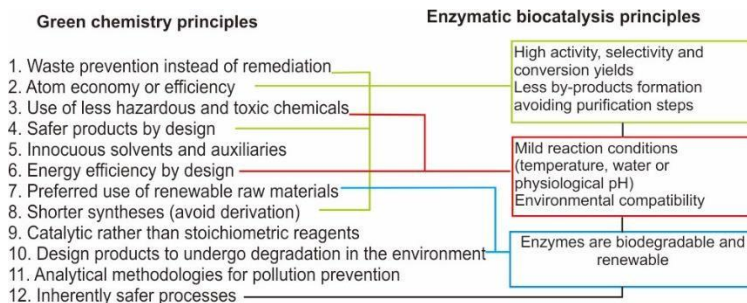
Tabel 2.2 Aplikasi Enzim untuk Proses Hijau dalam Pengolahan Serat Menjadi Kain

Application	Enzyme	Benefit
Desizing of cotton	Amylase	Removal of starch from the surface of fiber
Scouring of greige cotton	Pectinases, cellulases, lipases	Removal of waxes, proteins, pectins, and natural fats from the surface of cotton fibers
Peroxide breakdown	Catalase	Treatment of fabric and effluent to remove residual H_2O_2
Biopolishing of cotton	Cellulases	Improvement in the appearance of cotton fabrics and garments by removal of fiber fuzz and pills from the substrate surface
Biowashing of denim	Cellulases	Stone washing of denim fabrics to produce the fashionable, faded, and aged appearance

Biobleaching of cotton	Laccases, glucose oxidase,	Removal of natural pigments from cotton resulting in
-------------------------------	----------------------------	--

	arylesterases	better whiteness of cotton
Biobleaching of denim		Stone washing effect without loss of fabric strength
	Laccases	
Laundry washing	Proprietary mixture of enzymes	Removal of soils and stains

2.1.3. Aplikasi Enzim untuk Proses Hijau di Berbagai Macam Industri



Gambar 2.2 Hubungan Antara 12 Prinsip Kimia Hijau dan Aplikasi Enzim Industri

Saat ini enzim dapat dihasilkan oleh mikroorganisme sehingga,sehingga memungkinkan menghasilkan enzim dengan yang dapat disesuaikan dengan kemampuan mikroorganisme dan keperluan transformasi kimia yang

diinginkan. Kelebihan enzim sebagai katalis adalah enzim merupakan katalis yang mempunyai selektifitas yang tinggi dan mempunyai aktifitas yang tinggi, dapat bekerja pada suhu reaksi yang rendah dan biodegradable. Sebagai contoh enzim lipase dapat mengkatalisis reaksi hidrolisis, esterifikasi, interesterifikasi dan transesterifikasi, sehingga banyak sekali reaksi yang menggunakan bahan baku organik dapat dilakukan menggunakan katalis ini dengan sangat spesifik dan selektifitas yang tinggi. Pada tahun 2015 sudah dikenal sekitar Sekarang telah dikenal 4000 macam enzim, tetapi yang berhasil dikomersialisasi hanya 20 macam enzim dan penelitian dan pengembangan enzim masih diperlukan. Berbagai macam industri kini telah menggunakan enzim sebagai katalis misalnya:

1. Enzim untuk reaksi hidrolisis atau hidrolase : Adalah enzim yang paling banyak digunakan di industri kimia yang memerlukan reaksi hidrolisis di dalam media air atau media non air. Enzim hidrolase meliputi acylase, amidase, esterase, karbohidrases, lypases dan proteases dan pada beberapa kasus tidak

- memerlukan kofaktor. Enzim lipase merupakan enzim yang paling banyak digunakan diantara enzim yang tergolong di dalam hidrolases.
2. Enzim untuk reaksi Esterifikasi : Enzim esterifikasi hanya dapat bekerja di dalam pelarut non aqurous atau dalam susasana air yang terbatas. Contoh enzim untuk esterifikasi adalah Lipase, banyak digunakan di dalam industri kosmetik, biosurfaktan, farmasi dan biofuel.
 3. Enzim reduksi-oksidasi: banyak digunakan untuk menggantikan katalis kimia dalam reaksi oksidasi-reduksi.
 4. Enzim Glycosylation : digunakan di dalam reaksi transfer gugus glikosida di dalam reaksi Glycosytransferase dalam menyiapkan oligosakarida.
 5. Enzim Aminasi digunakan di dalam reaksi pembentukan asam amino. Enzim aminasi juga digunakan i dalam pembuatan bahan obat untuk diabetes. (Eliane, Martina, etc. *Enzymes in Green Chemistry: The State of the Art in Chemical Transformations*)

(Javed Sheikh, Indrajit Bramhecha. Enzymes for Green Chemical Processing of Cotton. India : Indian Institute of Technology Delhi)

2.2. Kimia Hijau dalam Proses Kimia

Beberapa proses kimia memerlukan pelarut. Kebanyakan pelarut yang digunakan pada saat ini adalah bahan kimia beracun dan non biodegradable seperti Benzena, Toluena dan Xylene yang dikenal sebagai BTX. Walaupun selama digunakan di dalam proses pelarut dapat daur ulang (recycled) tetapi tetap harus ada make up untuk mengganti pelarut yang menguap dan hilang ke lingkungan. Diperkirakan pelarut yang hilang ke lingkungan sebanyak 20 % masuk ke udara atmosfer. Bahan kimia hijau untuk pengganti pelarut yang basisnya petroleum sangat membantu untuk mengurangi beban polusi udara atmosfer.

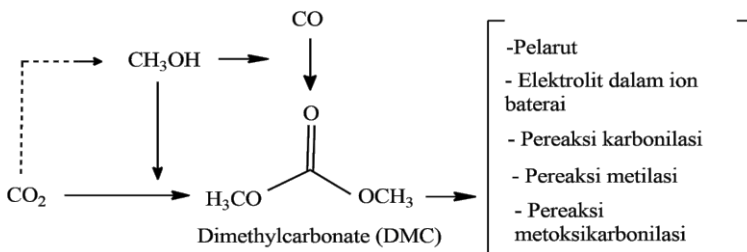
Dimetil karbonat (DMC) adalah pelarut yang dianggap sebagai pelarut yang ramah lingkungan dan kini banyak mendapat perhatian. Dimetil karbonat adalah pelarut non polar aprotik yang sangat tidak larut di dalam air dan biodegradable dan tidak beracun. Dimetil karbonat

direkomendasi sebagai pelarut yang lebih hijau dibandingkan dengan metil etil keton, etilasetat, metil isobutil keton dan jenis senyawa keton yang lain.

2.2.1. Proses Pembuatan Dimetil Karbonat.

Pada saat ini dimetil karbonat dibuat dengan melalui reaksi oksidasi karboksilasi metanol dengan oksidator oksigen. Yang sedang dikembangkan saat ini dimetil karbonat dibuat dari karbon dioksida.

Dicari reaksi kimia pembentukan DMC.



Produksi berkelanjutan Bahan kimia hijau Aplikasi yang ramah lingkungan

Gambar 2.3 Reaksi Kimia Pembentukan DMC

Sifat sifat Dimetil karbonat ($C_3H_6O_3$)

Berat molekul 90,08 gram/mol. Suhu didih 90,3 °C, suhu leleh 4,6 °C, flash point 21,7 °C, densitas 1,069 gram/ml, merupakan cairan yang mudah terbakar dan tidak berwarna (transparan). Berbau seperti metanol, tidak menyebabkan iritasi dan mutagen, melalui kontak dan pernafasan. Sebagai pelarut yang non polar aprotik sangat larut di dalam pelarut organik seperti (ester, alkohol, dan keton). Kelarutanya di dalam air (139 gram/L). Parameter pelarutan Hildebrand (20,3 J/ml). Dapat membentuk azeotrop dengan air. Dapat terbiodegradasi sebanyak 90 % selama 28 hari analisis OECD 301 G biodegradable test di atmosfer dan tidak beracun. Tidak bersifat korosif sehingga dapat dengan aman diangkut tanpa harus ada safeti “precaution” dalam transportasi seperti pada pengangkutan posgene, dimetil silfat dan metil halida. Dapat digunakan untuk menggantikan peranan pelarut yang sudah lebih dulu digunakan dari golongan keton seperti (MEK, EA, MIBK, BA) dan dari golongan glikoeter. Sehingga dapat digunakan di dalam produksi bahan setengah jadi di dalam industri farmasi.

Bahan pelarut DMC (Dimethyl Carbnat)

Produksi DMC

Lebih dari 90.000 ton per tahun DMC dikonsumsi secara global sebagai pelarut (~ 50%) dalam cat, tinta, pelapis, dll., sebagai elektrolit dalam baterai ion, dan sebagai perantara (~ 25%) dalam sintesis polimer (yaitu polikarbonat), obat-obatan, pestisida, antioksidan, resin berkinerja tinggi, dll. hingga pertengahan 1980-an, diproduksi dari fosgen dalam reaksi dengan metanol melalui metil kloroformat (CH_3OCOC_l), sebagai zat antara. Saat ini, DMC diproduksi dalam skala besar dengan karbonilasi parsial menggunakan metanol, karbon monoksida, dan oksidan. produksi DMC (kemurnian 99,8%) melalui karbonilasi oksidatif metanol menggunakan O_2 sebagai oksidan pada sistem katalis Cu adalah jalur komersial yang paling umum (Enichem, Italia), dan menyumbang produksi 12.000 ton per tahun, yang hampir 85% dari produksi Eropa. selain memiliki fitur keselamatan yang ditingkatkan berbeda dengan fosgen metanol, proses ini memiliki selektivitas tinggi yang menghasilkan produk murni, dan air sebagai

produk sampingan. proses Ube untuk sintesis DMC juga didasarkan pada karbonilasi (karbon monoksida) metanol menggunakan NO_x dan bukan O₂ sebagai oksidan, dan memiliki lebih sedikit masalah deaktivasi katalis.

2.2.2. Aplikasi Dimetil Karbonat (DMC)

Aplikasi DMC saat ini untuk elektrolit baterai litium dan sebagai pelarut untuk berbagai macam proses pada industri farmasi, dan dan pelarut dalam produksi biokatalis.

2.2.3. Tinjauan Termodinamika, Fisika, Toksikologi, Sifat Racun Terhadap Lingkungan

DMC telah banyak mendapatkan perhatian terutama ditinjau dari nilai ekonomi dan sifat kehijauan bahan pelarut dan mendapatkan rekomendasi sebagai pelarut yang dapat menggantikan pelarut toksik dan tidak ramah lingkungan yang telah digunakan sebelumnya. Kini DMC telah digunakan sebagai pelarut pada industri

farmasi, pelapisan, dan industri baterai litium. Dari hasil penilaian maka DMC

dapat digolongkan sebagai pelarut hijau yang sudah diketahui seperti air, etanol, isopropanol, n-butanol, dan etilasetat. Beberapa pelarut yang beracun yang selama ini digunakan adalah :

- a. dimetil sulfat, alkil halida, dalam reaksi metilasi
- b. Phosgena (COCl_2) dalam reaksi karboksimetilasi,

2.3. Biopelumas

Kebutuhan minyak pelumas di Indonesia diprediksi mencapai 100 juta liter per tahun. Tingginya kebutuhan ini bersumber dari sektor otomotif, perkapalan dan kalangan industri. Pelumas merupakan bagian yang tak terpisahkan dari mesin. Pelumas dibutuhkan mesin untuk melindungi komponen-komponen mesin dari keausan. Prinsip dasar dari pelumasan itu sendiri adalah mencegah terjadinya *solid friction* atau gesekan antara dua permukaan logam yang bergerak, sehingga gerakan dari masing-masing logam dapat lancar tanpa banyak energi yang terbuang. Selain dari sifat utama pelumas sebagai pelindung mesin dari keausan, pelumas juga

dituntut untuk memiliki berbagai sifat lainnya, seperti viskositas yang sesuai, *pour point* yang rendah, volatilitas rendah, stabil terhadap panas dan oksidasi, serta indeks viskositas yang tinggi.

Pengaruh penggunaan pelumas terhadap lingkungan cukup merusak dan berbahaya. Menurut Peraturan RI no.18 tahun 1999, pelumas bekas termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun dari sumber yang tidak spesifik. Air yang terkandung dalam limbah pelumas bersifat mencemari karena didalamnya terkandung zat kimia berbahaya, senyawa organik dan anorganik baik terlarut maupun yang tersuspensi serta senyawa tambahan yang terbentuk selama proses fermentasi berlangsung.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pelumas tersebut bahan dasar pembuatan pelumas sangat diperlukan.

Esterifikasi asam organik dan alkohol merupakan salah satu reaksi yang paling mendasar dan penting dalam industri kimia. Produk-produk esternya secara luas

dimanfaatkan sebagai pelarut dan pengemulsi dalam industri makanan (tepung), farmasi serta kosmetik ataupun pelumas dalam pengolahan logam, industri tekstil dan plastik.(Arismunandar, 2006; Liu dkk, 2006). Saat ini perhatian atas rekayasa pada reaksi esterifikasi dan produk esternya telah semakin meningkat, terutama setelah alkil ester (metil ester, etil ester dan propil ester).

Asam karboksilat mengandung gugus karboksil, gugus karboksil sendiri mengandung gugus karbonil dan gugus hidroksil. Biasanya asam karboksilat disamakan strukturnya dengan aldehida dan keton. Untuk meningkatkan sifat hidropobisitas komponen aktif dapat menggunakan asam karboksilat rantai panjang. Kebutuhan minyak pelumas di Indonesia diprediksi mencapai 100 juta liter per tahun. Tingginya kebutuhan ini bersumber dari sektor otomotif, perkapalan dan kalangan industri. Pelumas merupakan bagian yang tak terpisahkan dari mesin. Pelumas dibutuhkan mesin untuk melindungi komponen-komponen mesin dari kehausan. Prinsip dasar dari pelumasan itu sendiri adalah mencegah terjadinya *solid friction* atau gesekan antara dua permukaan logam

yang bergerak, sehingga gerakan dari masing-masing logam dapat lancar tanpa banyak energi yang terbuang. Selain dari sifat utama pelumas sebagai pelindung mesin dari keausan, pelumas juga dituntut untuk memiliki berbagai sifat lainnya, seperti viskositas yang sesuai, *pour point* yang rendah, volatilitas rendah, stabil terhadap panas dan oksidasi, serta indeks viskositas yang tinggi.

Pengaruh penggunaan pelumas terhadap lingkungan cukup merusak dan berbahaya. Menurut Peraturan RI no.18 tahun 1999, pelumas bekas termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun dari sumber yang tidak spesifik. Air yang terkandung dalam limbah pelumas bersifat mencemari karena didalamnya terkandung zat kimia berbahaya, senyawa organik dan anorganik baik terlarut maupun yang tersuspensi serta senyawa tambahan yang terbentuk selama proses fermentasi berlangsung. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pelumas tersebut bahan dasar pembuatan pelumas sangat diperlukan.

Esterifikasi asam organik dan alkohol merupakan salah satu reaksi yang paling mendasar dan penting dalam industri kimia. Produk-produk esternya secara luas dimanfaatkan sebagai pelarut dan pengemulsi dalam industri makanan (tepung), farmasi serta kosmetik ataupun pelumas dalam pengolahan logam, industri tekstil dan plastik.(Arismunandar, 2006; Liu dkk, 2006). Saat ini perhatian atas rekayasa pada reaksi esterifikasi dan produk esternya telah semakin meningkat, terutama setelah alkil ester (metil ester, etil ester dan profil ester).

Asam karboksilat mengandung gugus karboksil, gugus karboksil sendiri mengandung gugus karbonil dan gugus hidroksil. Biasanya asam karboksilat disamakan strukturnya dengan aldehida dan keton. Untuk meningkatkan sifat hidropobitas komponen aktif dapat menggunakan asam karboksilat rantai panjang

2.3.1. Pelumas

Pelumas merupakan bagian yang terpisahkan dari mesin. Bahan dasar pelumas ini diharapkan dapat melindungi komponen-komponen mesin dari keausan. Prinsip dasar dari pelumasan itu sendiri adalah mencegah terjadinya *solid friction* atau gesekan antara dua permukaan logam

yang bergerak, sehingga gerakan dari masing-masing logam dapat lancar tanpa banyak energi yang terbuang. Selain dari sifat utama pelumas sebagai pelindung mesin dari kehausan, pelumas juga dituntut untuk memiliki berbagai sifat lainnya, seperti viskositas yang sesuai, *pour point* yang rendah, volatilitas rendah, stabil terhadap panas dan oksidasi, serta indeks viskositas yang tinggi. Pada umumnya kandungan pelumas terdiri dari 90% minyak dan 10% zat adiktif.

Pelumas dapat diklasifikasikan berdasarkan wujudnya, minyak digolongkan menjadi dua bentuk, yaitu cair (liquid) atau biasa disebut oli, dan setengah padat (semi solid) atau biasa disebut gemuk. Minyak pelumas cair (oli) dapat digolongkan berdasarkan beberapa hal, yaitu:

1. Berdasarkan bahan pelumas itu dibuat
 - Pelumas mineral (pelikan) yang berasal dari minyak bumi. Mineral yang terbaik digunakan untuk pelumas mesin-mesin diesel otomotif, kapal, dan industri.
 - Pelumas nabati, yaitu yang terbuat dari bahan lemak binatang atau tumbuh-tumbuhan. Sifat penting yang

dipunyai pelumas nabati ini ialah bebas sulfur atau belerang. Tetapi tidak tahan suhu tinggi, sehingga untuk mendapatkan sifat gabungan yang baik biasanya sering dicampur dengan bahan pelumas yang berasal dari bahan minyak mineral, biasa disebut juga *compound oil*.

- Pelumas sintetik, yaitu pelumas yang bukan berasal dari nabati ataupun mineral. Minyak pelumas ini berasal dari suatu bahan yang dihasilkan dari pengolahan tersendiri. Pada umumnya pelumas sintetik mempunyai sifat-sifat khusus, seperti daya tahan terhadap suhu tinggi yang lebih baik dari pelumas mineral atau nabati, daya tahan terhadap asam, sifat alirnya, indeks viskositas, dan stabilitas penguapannya dll.

Berikut beberapa keunggulan oli sintetik:

- Lebih stabil pada temperatur tinggi.
- Mengontrol/Mencegah terjadinya endapan karbon pada mesin
- Sirkulasi lebih lancar pada waktu start pagi hari/cuaca dingin.

- Melumasi dan melapisi metal lebih baik dan mencegah terjadi gesekan antar logam yang berakibat kerusakan mesin.
- Tahan terhadap perubahan/oksidasi sehingga lebih tahan lama sehingga lebih ekonomis dan efisien.
- Mengurangi terjadinya gesekan, meningkatkan tenaga dan mesin lebih dingin.
- Mengandung detergen yang lebih baik untuk membersihkan mesin dari kerak (www.indocina.net).

Selain memiliki beberapa keunggulan pelumas sintetik juga memiliki kelemahan, adapun kelemahannya adalah sebagai berikut:

- Harga jual pelumas sintetik lebih mahal dibandingkan pelumas mineral. Hal ini dikarenakan proses pembuatan pelumas sintetik lebih mahal dibandingkan pelumas mineral.
- Pelumas sintetik kurang cocok digunakan pada mesin berteknologi lama (mesin tua), dan mesin sepeda motor. Gufron (2006) menyatakan penggunaan pelumas sintetik pada mesin

berteknologi lama menjadi boros dan mesin menjadi kasar karena pada mesin tersebut celah antar komponen biasanya sangat besar/renggang sehingga pelumas dapat ikut masuk ke ruang pembakaran dan ikut terbakar sehingga pelumas cepat habis dan knalpot berasap. Bila mengisi pelumas *full syntetic* yang khusus bukan untuk sepeda motor, bisa menyebabkan pelat kupling slip karena terlalu licinnya pelumas sintesis. Dampaknya, tenaga mesin menjadi berkurang karena cengkeraman antara pelat kupling berkurang, tenaga mesin akan terasa berat. Bila kondisi ini dibiarkan terus-menerus, kupling pun dapat terbakar(www.pikiran-rakyat.com).

- Berpotensi dalam masalah dekomposisi kimiawinya pada lingkungan(en.wikipedia.org/wiki/synthetic_oil).
- 2. Berdasarkan viskositas atau kekentalan minyak pelumas yang dinyatakan dalam nomor-nomor SAE (*Society of Automotive Engineer*). Angka SAE yang lebih besar menunjukkan minyak pelumas yang lebih kental.

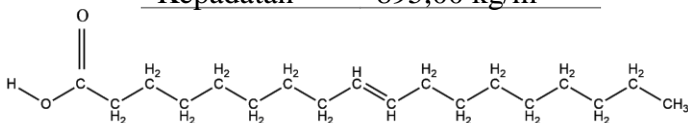
- Oli monograde, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan hanya satu angka.
- Oli multigrade, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan dalam lebih dari satu angka.

2.3.2. Asam Oleat

Asam oleat merupakan asam lemak tak jenuh tunggal ditemukan secara alami di sumber tanaman banyak dan dalam produk hewani. Ini adalah asam lemak omega-sembilan, dan dianggap salah satu sumber lemak sehat dalam makanan. Ini biasanya digunakan sebagai pengganti sumber lemak hewani yang tinggi lemak jenuh. Anda dapat menemukan berbagai mentega dan pengganti telur dibuat dengan tingkat tinggi asam oleat. Asam oleat termasuk asam karboksilat berantai panjang, asam ini memiliki gugus karbonil dan hidroksil. Asam oleat ini juga memiliki rantai panjang untuk meningkatkan hidrofobisitas komponen aktif sehingga baik digunakan dalam pembuatan pelumas berbasis.

Tabel 2.3 Sifat Fisis Asam Oleat

Rumus Kimia	$C_{18}H_{34}O_2$
Titik didih	$360^{\circ}C$
Massa molar	$282,4614 \text{ g/mol}$
Kepadatan	$895,00 \text{ kg/m}^3$



Oleic Acid - Monounsaturated Fatty Acid

Gambar 2.4 Struktur Kimia Asam Oleat(Wikipedia, 2013)

2.3.3. Asam Stearat

Asam stearat, atau **asam oktadekanoat**, adalah asam lemak jenuh yang mudah diperoleh dari lemak hewani serta minyak masak. Wujudnya padat pada suhu ruang, dengan rumus kimia $CH_3(CH_2)_{16}COOH$. Kata stearat berasal dari bahasa Yunani *stear*, yang berarti "lemak padat" (Ing. *tallow*).

Asam stearat diproses dengan memperlakukan lemak hewan dengan air pada suhu dan tekanan tinggi. Asam ini dapat pula diperoleh dari hidrogenasi minyak nabati. Dalam bidang industri asam stearat

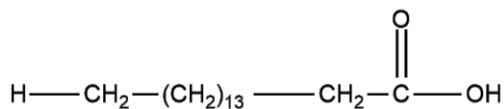
dipakai sebagai bahan pembuatan lilin, sabun, plastik, kosmetika, dan untuk melunakkan karet.

Asam stearate juga memiliki gugus karbonil dan hidroksil yang memiliki rantai panjang untuk meningkatkan hidropobisitas komponen aktif.

Titik lebur asam stearat 69.6 °C dan titik didihnya 361 °C.Reduksi asam stearat menghasilkan stearil alkohol

Tabel 2.4 Sifat Fisis Asam Stearat

Sifat	
Rumus Kimia	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
Massa Molar	284.48 g mol ⁻¹
Penampilan	Padatan putih
Densitas	0.847 g/cm ³ at 70 °C
Titik lebur	69.6°C
Titik didih	361°C
Kelarutan dalam air	3 mg/L (20 °C)
Indeks bias	1.4299



Gambar 2.5 Struktur Kimia Asam Stearat (Wikipedia, 2013)

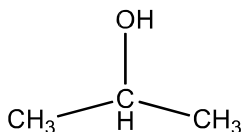
2.3.4. Isopropil Alkohol

Isopropil alcohol (IPA) adalah nama lain dari 2-propanol, n-propanol atau propanol. Senyawa ini merupakan turunan kedua setelah propilen dari propana. IPA digunakan sebagai pelarut dalam industri farmasi, untuk resin dan ester selulosa. IPA adalah zat yang sangat mudah menguap dan berbau khas.

Tabel 2.5 Karakteristik Isopropil Alkohol (IPA)

No.	Karakteristik	Besaran/keterangan
1	Berat molekul relative	60,10 g/mol
2	Wujud	Cairan tak berwarna
3	Densitas	0.78 g/cm ³
4	Larut baik dalam	Air, etanol, eter, bensin
5	Dapat larut dalam	Aseton, toluene
6	Titik didih	82°C (355K)
7	Titik lebur	-88°C (185K)
8	Viskositas	2,86 cP pada 15°C 1,77 cP pada 30°C
9	Moment dipol	1,66 D (gas)
10	Kemudahan terbakar	Mudah
11	Flash point	12°C

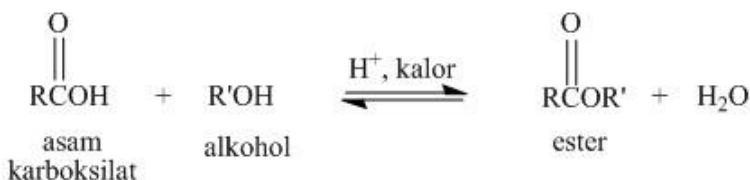
(<http://id.wikipedia.org/wiki/>)



Gambar 2.6 Struktur Kimia Isopropil Alkohol

2.3.5. Reaksi Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi pengubahan dari asam karboksilat dan alkohol menjadi suatu ester dengan menggunakan katalis asam. Reaksi ini juga sering disebut esterifikasi Fischer. Ester adalah suatu senyawa yang mengandung gugus $-\text{COOR}$ dengan R dapat berbentuk alkil maupun aril. Suatu ester dapat dibentuk dengan reaksi esterifikasi berkatalis asam. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi dapat balik (reversible).



Gambar 2.7 Reaksi Esterifikasi

Laju esterifikasi suatu asam karboksilat bergantung terutama pada bilangan sterik dalam alkohol dan asam

karboksilatnya. Kekuatan asam dari asam karboksilat hanya memainkan peranan kecil dalam pembentukan ester. Untuk alasan sterik, urutan reaktivitas alkohol, untuk reaksi esterifikasi adalah metanol > alkohol 1^o (primer) > alkohol 2^o (sekunder) > alkohol 3^o (tersier)

Dalam penelitian ini memakai isopropil alkohol (IPA). IPA akan bereaksi esterifikasi dengan gugus asam tersebut. Untuk memenuhi hasil yang optimal kita mengatur perbandingan berat asam stearat dengan volume asam oleat dan volume IPA serta waktu agar bereaksi dengan sempurna.

Daftar Pustaka

- Annual Book of ASTM Standards. 2002. ASTM C39-86 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Hardjono Sastroamidjojo. (1992). Spektroskopi Inframerah. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Liberty

Javed Sheikh, Indrajit Bramhecha. *Enzymes for Green Chemical Processing of Cotton*.
India : Indian Institute of Technology
Delhi

Syamelly. 2014. Sejarah, Pengertian, Peran dan Klasifikasi Enzim. Diakses dari <https://syamelly96.wordpress.com/2014/11/16/sejarah-pengertian-peran-dan-klasifikasi-enzim/> pada tanggal 1 Juli 2019.

<http://staffnew.uny.ac.id/upload/132310880/pendidikan/Enzim4.pdf>

<https://www.kakakpintar.id/macam-macam-enzim-dan-fungsinya/>

www.indocina.net www.pikiran-rakyat.com

https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_oil

http://id.wikipedia.org/wiki/Synthetic_oil