

Pengenalan kepada Marin Bioprospek



Co-funded by
the European Union

Dibiayai oleh Kesatuan Eropah. Walau bagaimanapun, pandangan dan pendapat yang dinyatakan adalah pandangan pengarang sahaja dan tidak semestinya mencerminkan pandangan Kesatuan Eropah atau Agensi Eksekutif Pendidikan dan Kebudayaan Eropah (EACEA). Kesatuan Eropah mahupun EACEA tidak boleh dipertanggungjawabkan ke atas mereka.

Projek: 101129136 — SustainaBlue — ERASMUS-EDU-2023-CBHE

RAKAN KONGSI PROJEK

Malaysia



Indonesia



Greece

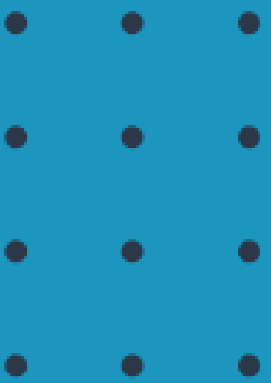


Cyprus



Dibiayai oleh Kesatuan Eropah. Walau bagaimanapun, pandangan dan pendapat yang dinyatakan adalah pandangan pengarang sahaja dan tidak semestinya mencerminkan pandangan Kesatuan Eropah atau Agensi Eksekutif Pendidikan dan Kebudayaan Eropah (EACEA). Kesatuan Eropah mahupun EACEA tidak boleh dipertanggungjawabkan ke atas mereka.

Projek: 101129136 — SustainaBlue — ERASMUS-EDU-2023-CBHE



Kandungan

01

Objektif Pembelajaran

02

Pengenalan

03

Teknik Digunakan dalam Bioprospek Marin

04

Aplikasi dalam Industri

05

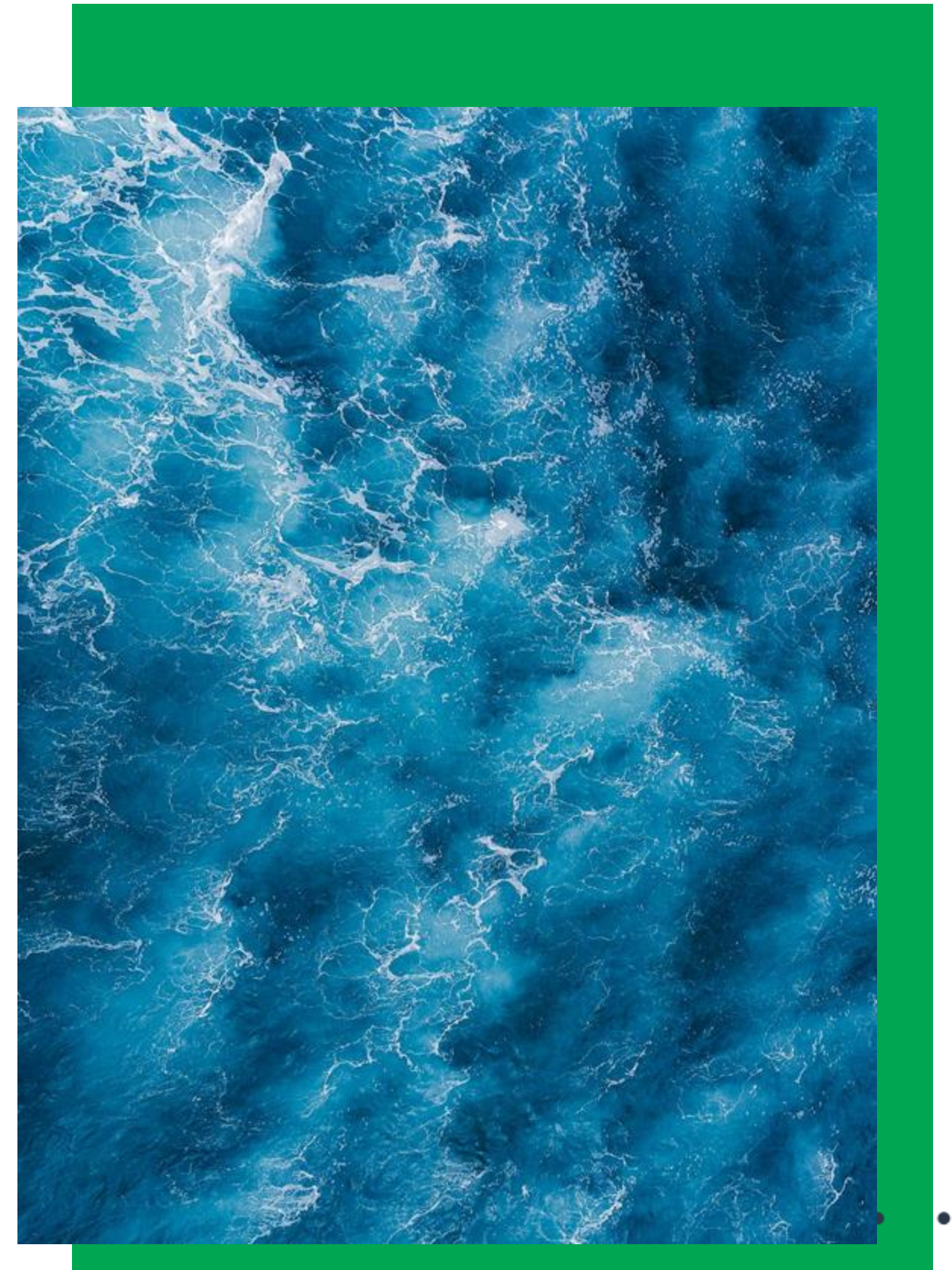
Isu Etika, Undang-undang dan Alam Sekitar

06

Ringkasan

07

Bibliografi – Bacaan Tambahan



Objektif Pembelajaran

- ☐ Tentukan bioprospek marin
- ☐ Kenal pasti organisma marin sasaran
- ☐ Fahami proses bioprospek
- ☐ Kenali aplikasi perindustrian
- ☐ Bincangkan isu undang-undang dan etika



Apakah Bioprospecting?

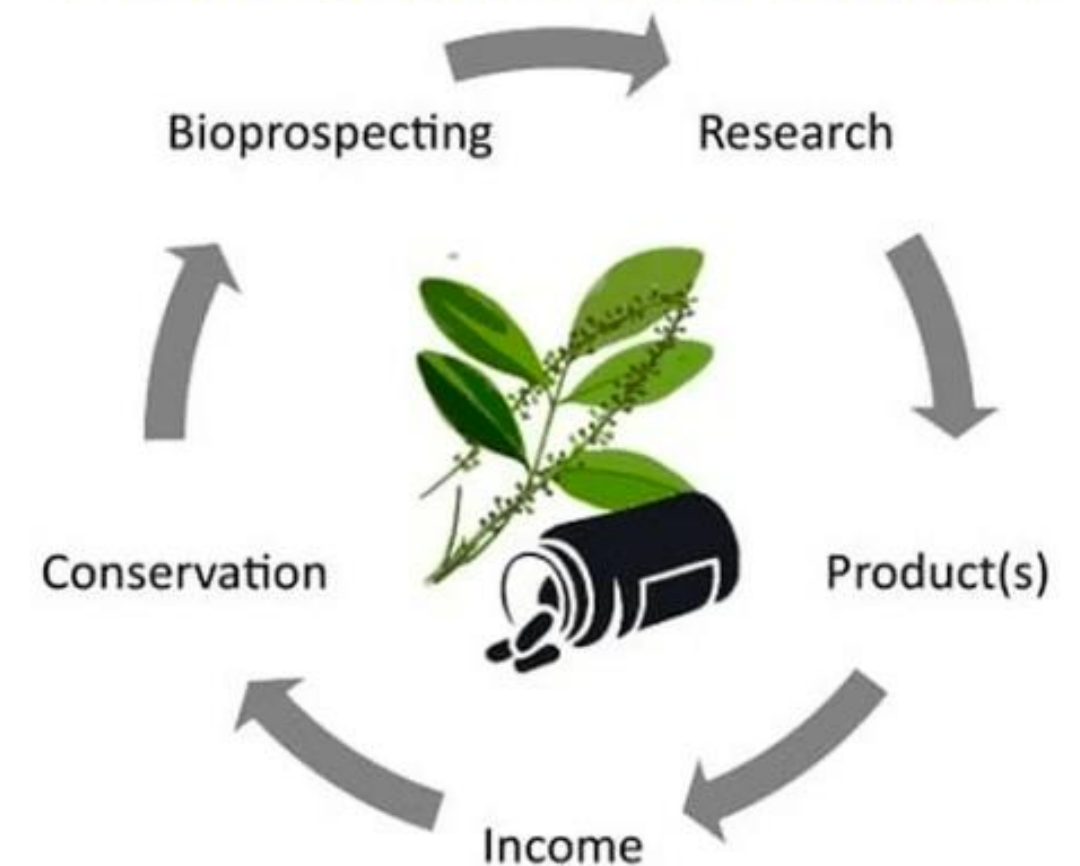
❑ **Bioprospek:**

Cari sebatian bioaktif dalam organisma semula jadi

- ❑ Bioprospek ialah memburu harta karun alam semula jadi—mencari sebatian biologi baharu yang boleh memberi manfaat kepada masyarakat. Dilakukan secara bertanggungjawab, ia memupuk inovasi saintifik, pemuliharaan alam sekitar dan kerjasama yang adil dengan komuniti yang memegang pengetahuan ekologi tradisional.

(Skirycz *et al.*, 2016)

WHAT IS BIOPROSPECTING?



(Source: Skirycz *et al.*, 2016.)



Apakah Bioprospecting Marin?

- ☐ Bioprospek marin **memberi tumpuan kepada biodiversiti lautan untuk sebatian baru**
- ☐ Bioprospek marin ialah proses meneroka persekitaran marin untuk gen, molekul dan organisma unik dengan potensi kegunaan dalam pelbagai industri seperti farmaseutikal, kosmetik, perubatan dan pengeluaran makanan.
- ☐ Proses ini didorong oleh biodiversiti lautan yang luas dan agak belum diterokai, yang menjanjikan sebatian, bahan dan penyelesaian bioteknologi baru.

(Flemsæter, 2020)



(Source: <https://www.asiaone.com/world/map-worlds-uncharted-ocean-beds-takes-shape-despite-crisis>)



Mengapa Lautan?

- ☐ **Meneroka bioprospek marin adalah penting** Kerana lautan adalah sumber gen, molekul dan organisma unik yang luas dan sebahagian besarnya belum diterokai dengan potensi untuk aplikasi terobosan dalam pelbagai bidang. (Flemsæter, 2020).
- ☐ Lautan meliputi 70% Bumi dan rumah kepada 90% daripada biosfera
- ☐ Lautan mempunyai persekitaran yang melampau, yang mengakibatkan penemuan sebatian unik.
- ☐ Lautan mempunyai biodiversiti yang tinggi dalam spesies dan ekosistem (terumbu, bolong, dll.)

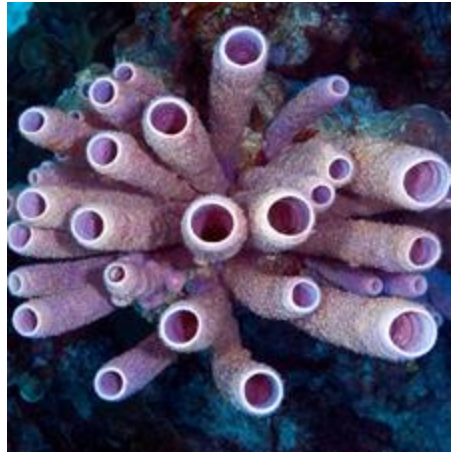


(Source: <https://www.asiaone.com/world/map-worlds-uncharted-ocean-beds-takes-shape-despite-crisis>)



Organisma Marin yang Penting

❑ Span



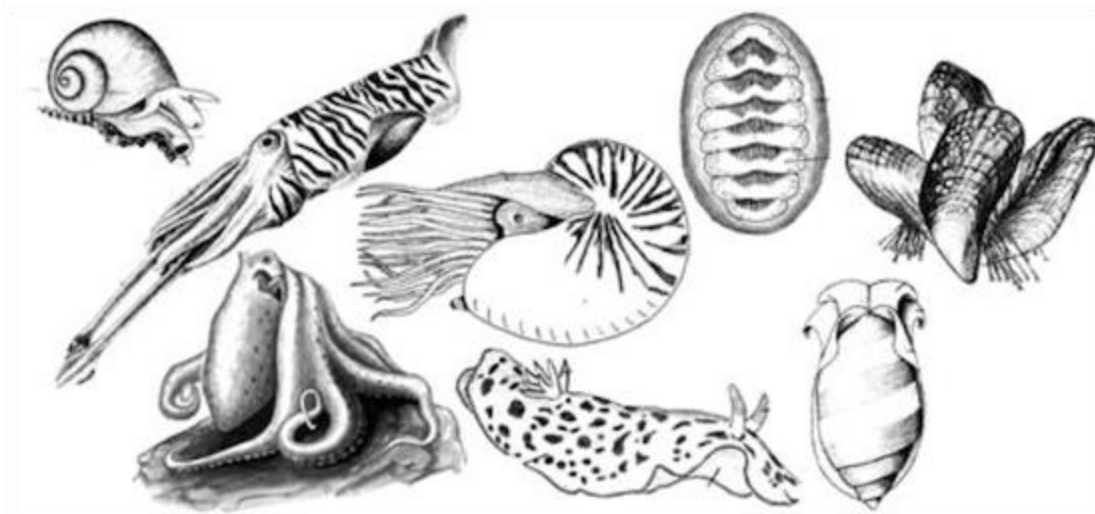
❑ Cyanobacteria



❑ Alga



❑ Tunicates, Moluska



❑ Kulat marin & actinomycetes



Langkah-langkah dalam Bioprospecting Marin

Bioprospek marin melibatkan beberapa langkah utama:

1. Pengumpulan sampel
2. Pengasingan dan pemeriksaan sebatian bioaktif
3. Pencirian dan ujian
4. Pembangunan dan pengkomersialan produk.

Proses ini bertujuan untuk menemui dan menggunakan sumber biologi yang berharga daripada organisma marin untuk pelbagai aplikasi, termasuk farmaseutikal, nutraseutikal dan produk perindustrian.



Langkah-langkah dalam Bioprospecting Marin

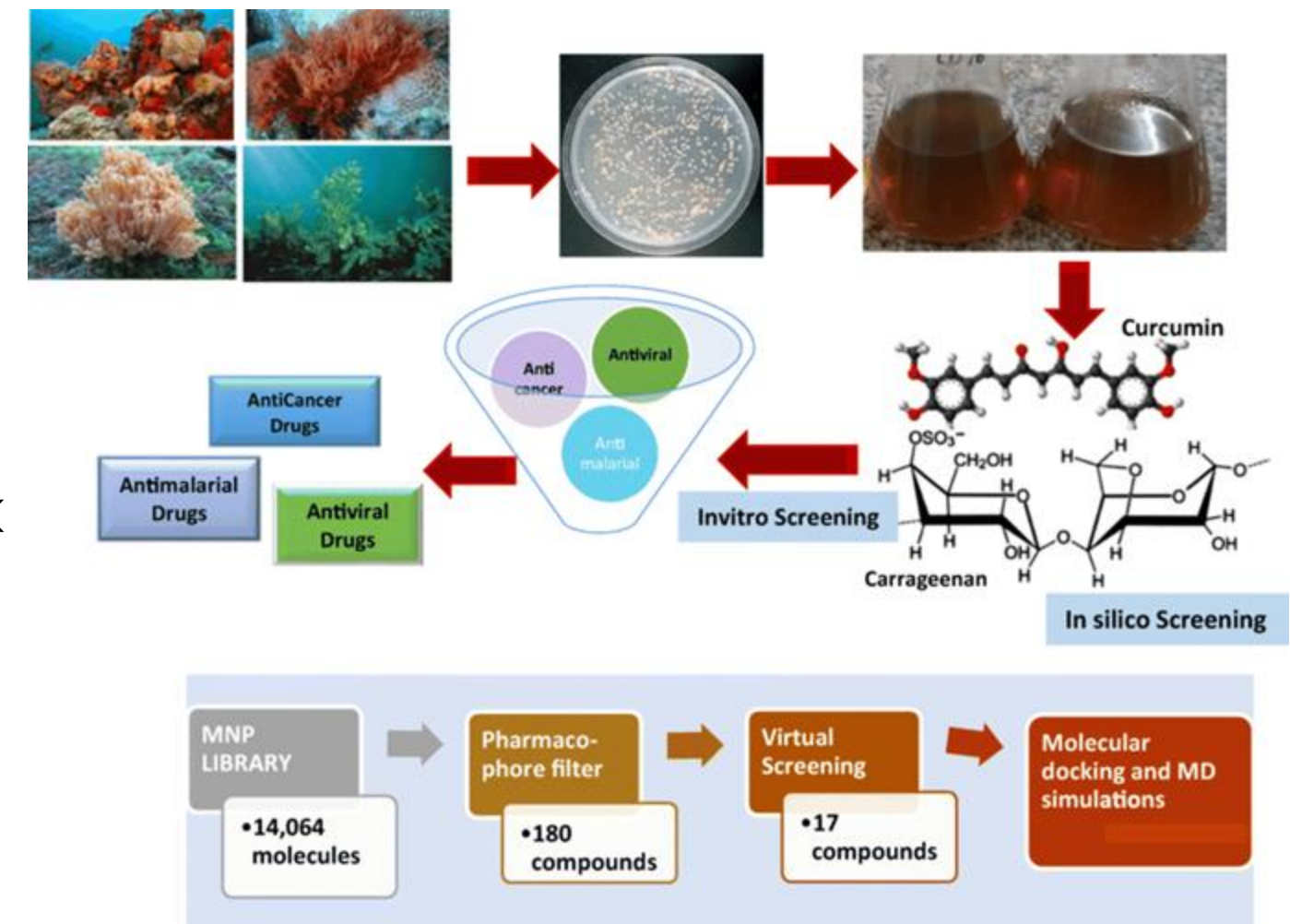
1. Pengumpulan Sampel:

Fasa awal ini melibatkan penerokaan dan pengumpulan organisma marin daripada pelbagai habitat seperti laut dalam, kawasan pantai, dan juga takungan minyak. Matlamatnya adalah untuk mengumpul pelbagai sampel biologi, termasuk mikroorganisma, tumbuhan dan haiwan.

2. Pengasingan dan Saringan:

Sebaik sahaja sampel dikumpulkan, ia dibawa ke makmal untuk analisis lanjut. Para saintis mengasingkan dan membiakkan mikroorganisma, dan kemudian menyaring sebatian bioaktif, iaitu molekul yang mempamerkan aktiviti biologi yang diinginkan. Proses saringan ini selalunya melibatkan pelbagai bioassay untuk mengenal pasti sebatian dengan aplikasi farmaseutikal atau perindustrian yang berpotensi.

(Singh *et al.*, 2021)



(Source: Singh *et al.*, 2021)

Langkah-langkah dalam Bioprospecting Marin

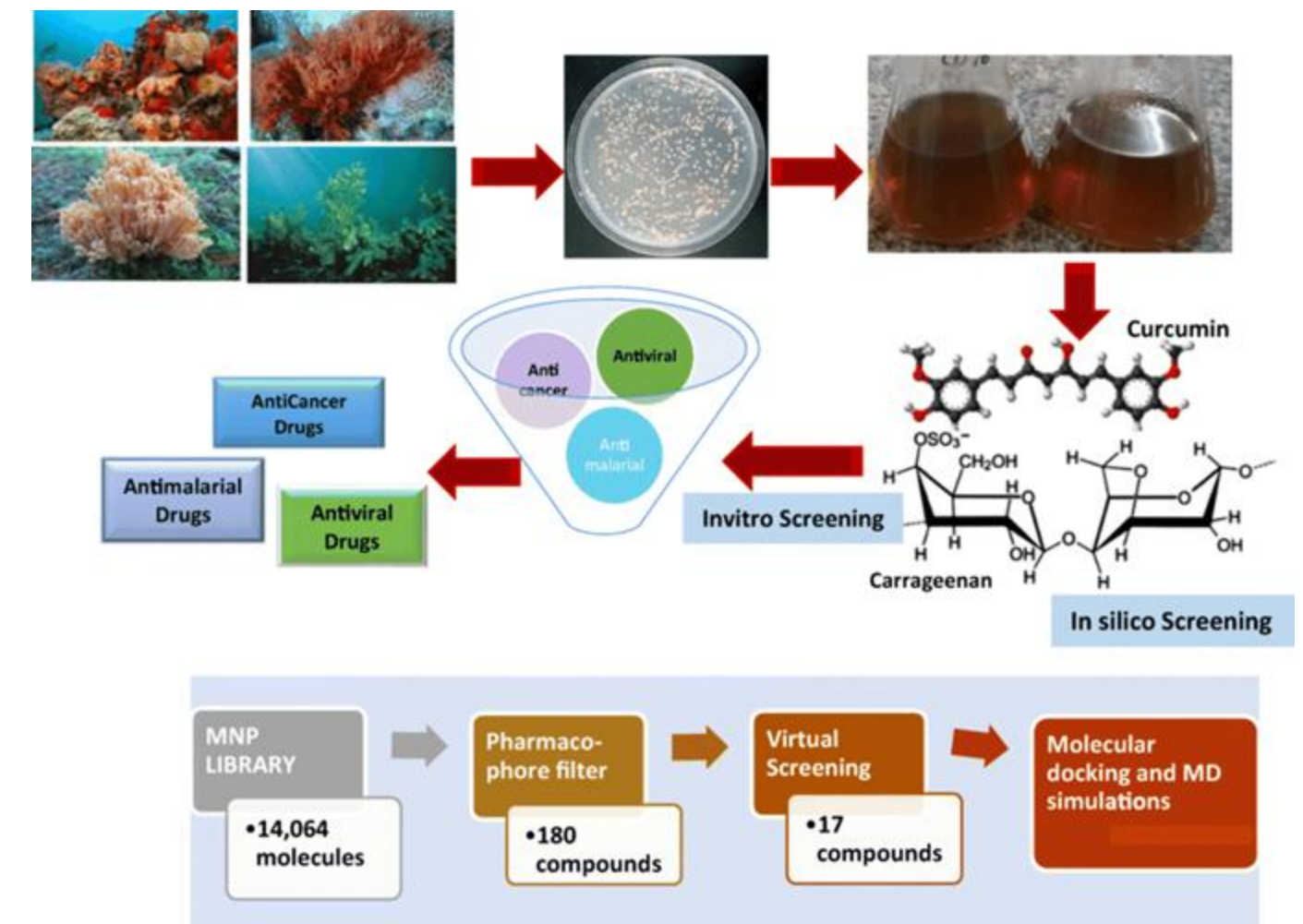
3. Pencirian dan Ujian:

Selepas mengenal pasti sebatian yang menjanjikan, mereka dicirikan untuk menentukan struktur kimia, sifat dan aktiviti biologi mereka. Ujian lanjut dijalankan untuk menilai keberkesanan, keselamatan dan potensi sebatian untuk dibangunkan menjadi produk yang boleh dipasarkan.

4. Pembangunan dan Pengkomersialan Produk:

Fasa terakhir ini melibatkan peningkatan pengeluaran sebatian bioaktif, mendapatkan hak harta intelek (paten), dan membangunkan produk untuk pasaran. Peringkat ini juga termasuk pemasaran dan jualan produk akhir.

(Singh *et al.*, 2021)



(Source: Singh *et al.*, 2021. Fig.3)



Teknik Digunakan dalam Bioprospek Marin

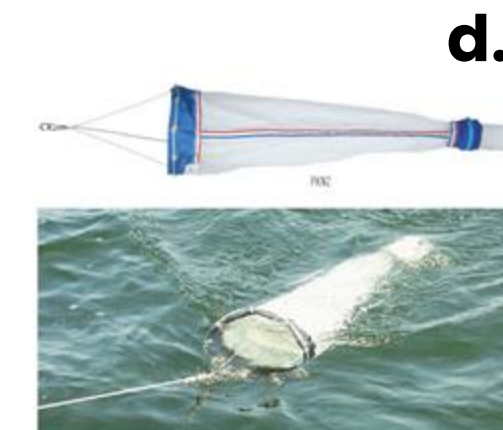
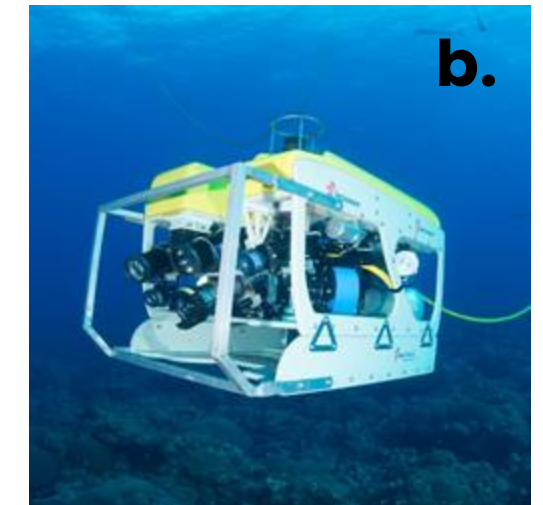
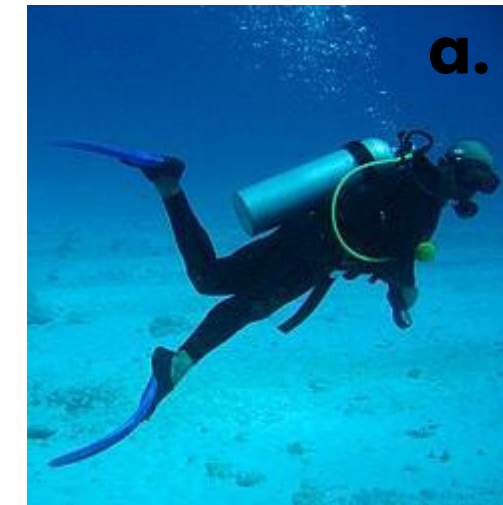
1. Persampelan dan Pengumpulan

Ini adalah langkah pertama, mengumpulkan bahan biologi dari lautan.

Teknik:

Menyelam Skuba: Untuk organisme air cetek (cth, span, alga, tunicates).

- a. ROV (Kendaraan Dikendalikan Jauh): Untuk mengakses organisme laut dalam tanpa penyelam manusia.
- b. Persampelan Sedimen/Teras: Untuk mikrob benthik atau organisme berkaitan sedimen.
- c. Jaring Plankton: Untuk mengumpulkan mikrob terapung bebas, fitoplankton, atau zooplankton.
- d. Perangkat atau Panel Penempatan: Untuk merekrut biofouler penjajah seperti bakteria, tunicate, teritip.



Teknik Digunakan dalam Bioprospek Marin

2. Pengenalpastian Taksonomi

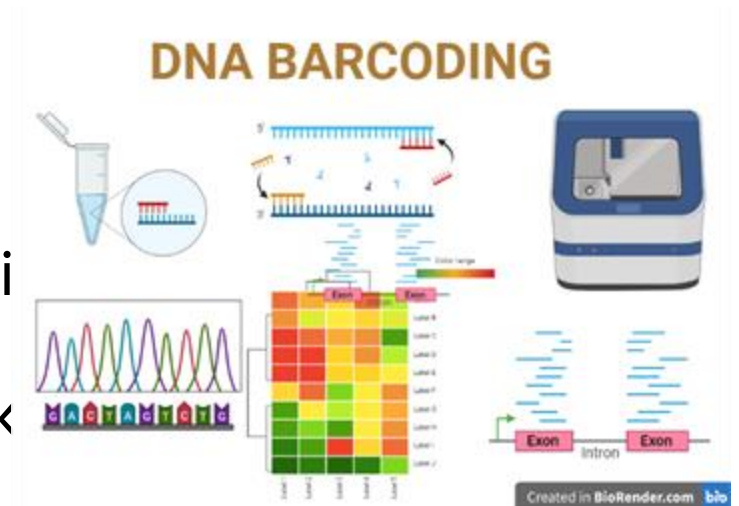
Adalah penting untuk mengetahui organisma apa yang sedang dikaji.

Teknik:

Analisis Morfologi: Kekunci taksonomi klasik berdasarkan bentuk, struktur.

Pengekodaan Bar DNA: Menggunakan jujukan gen tertentu (cth, COI, 16S rRNA) untuk mengenal pasti spesies.

a. Metagenomik: Untuk menganalisis DNA terus daripada sampel persekitaran, terutamanya untuk mikrob yang tidak boleh dikultur.



(Source: <https://sciencevivid.com/dna-barcoding/>)

3. Kultur dan Pengasingan (Chang, *et al.*, 2019)

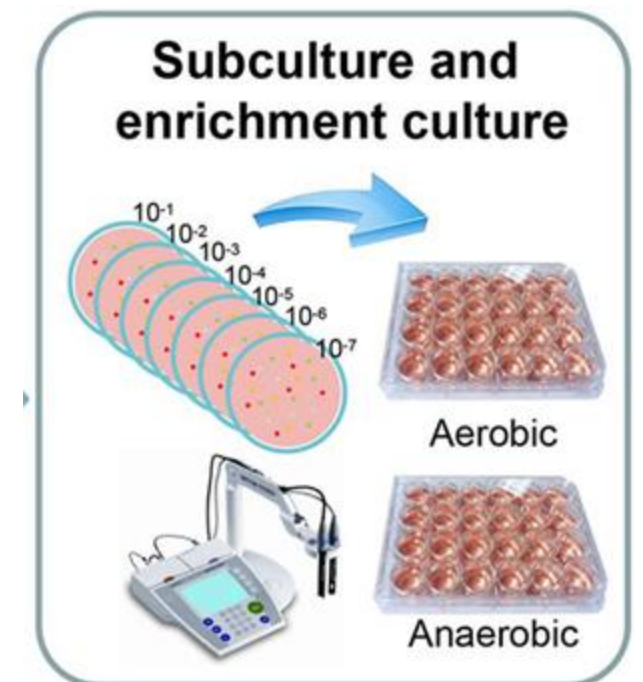
Banyak organisma (terutamanya mikrob) mesti dikultur untuk mengkaji produk mereka.

Teknik:

a. Media Terpilih: Mengkultur bakteria/kulat daripada sedimen atau organisma marin.

b. Kultur bersama: Merangsang pengeluaran sebatian tertentu dengan meniru interaksi dalam alam semula jadi.

c. Budaya Pengayaan: Memihak kepada pertumbuhan kumpulan berfungsi yang dikehendaki (cth, actinomycetes).



(Source: Chang *et al.*, 2019)



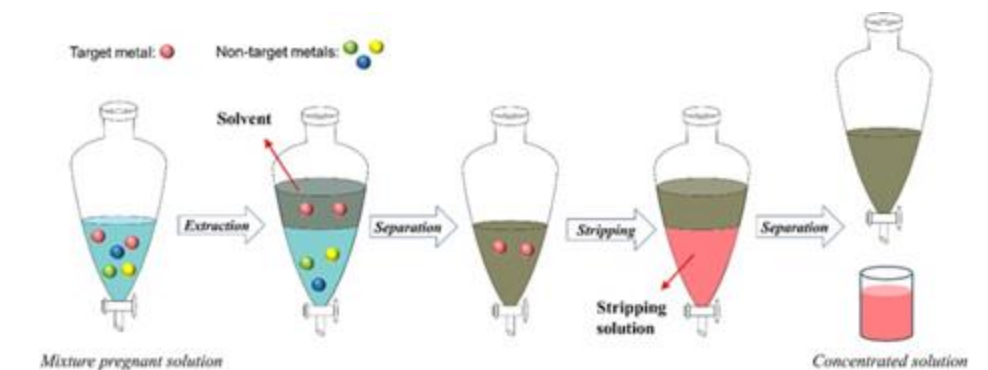
Teknik Digunakan dalam Bioprospek Marin

4. Pengekstrakan Sebatian (Erkey, 2011)

Biomolekul diekstrak untuk ujian.

Teknik:

- Pengekstrakan Pelarut: Menggunakan etanol, metanol, heksana, dan lain-lain untuk mengekstrak pelbagai jenis sebatian.
- Pengekstrakan Fasa Pepejal (SPE): Menumpukan dan membersihkan sebatian daripada sampel cecair.
- Pengekstrakan Bendalir Superkritikal (SFE): Teknik kimia hijau menggunakan CO₂ untuk pengekstrakan.



(Source: Erkey, 2011)

5. Pemeriksaan Bioaktiviti

Untuk menguji sama ada sebatian yang diekstrak aktif secara biologi (cth, antikanser, antimikrob).

Teknik:

- Ujian in vitro:
 - Ujian sitotoksiti (cth, MTT, LDH)
 - Ujian antibakteria (cth, ujian MIC)
 - Perencatan enzim (cth, protease, kinase)
- Ujian Gen Wartawan: Menggunakan penanda pendarfluor atau bercahaya.
- Pemeriksaan Pemprosesan Tinggi (HTS): Mengautomasikan ujian beribu-ribu sampel.



(Source: <https://www.csescienceeditor.org/article/how-life-science-journals-can-be-champions-of-better-material-sharing-and-reporting/>)

Teknik Digunakan dalam Bioprospek Marin

6. Pengasingan dan Penjelasan Struktur

Sebaik sahaja sebatian aktif, ia mesti disucikan dan dikenal pasti.

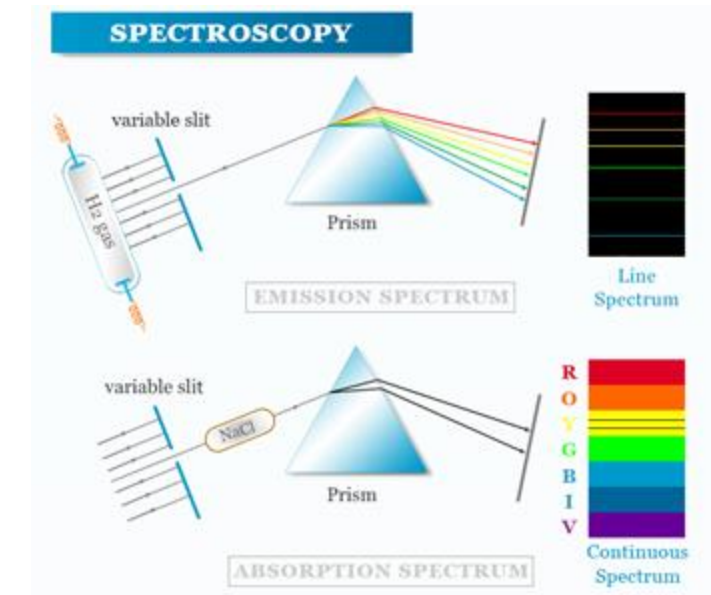
Teknik:

a. Kromatografi:

- Kromatografi Lapisan Nipis (TLC)
- Kromatografi Cecair Berprestasi Tinggi (HPLC)
- Kromatografi Gas-Spektrometri Jisim (GC-MS)

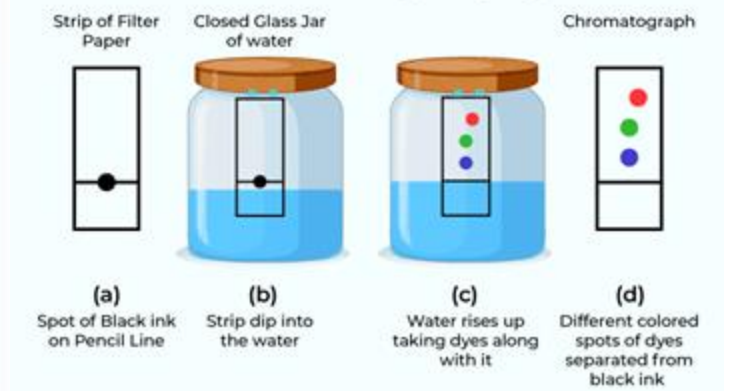
b. Spektroskopi:

- Resonans Magnetik Nuklear (NMR)
- Spektroskopi UV-Vis dan IR
- Spektrometri Jisim (MS)



(Sumber: <https://www.priyamstudycentre.com/chemistry/spectroscopy/>)

Chromatography



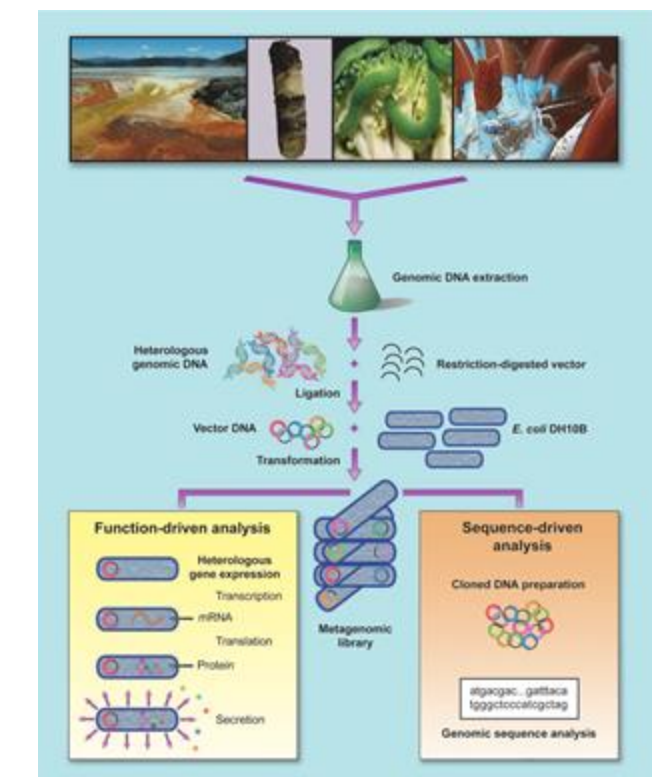
(Sumber: <https://www.geeksforgeeks.org/chemistry/chromatography/>)

7. Pendekatan Genomik dan Sintetik

Digunakan apabila organisma tidak boleh dikultur atau sebatian terhad.

Teknik:

- Perpustakaan Metagenomik: Klon DNA persekitaran menjadi perumah untuk menghasilkan sebatian.
- Perlombongan Genom: Cari kluster gen biosintetik (cth, polyketide synthase).
- Biologi Sintetik: Masukkan gen ke dalam organisma model (seperti E. coli) untuk menghasilkan sebatian marin.



(Source: <https://www.bio.davidson.edu/courses/genomics/2014/Cambronero/Metagenomics.html>)

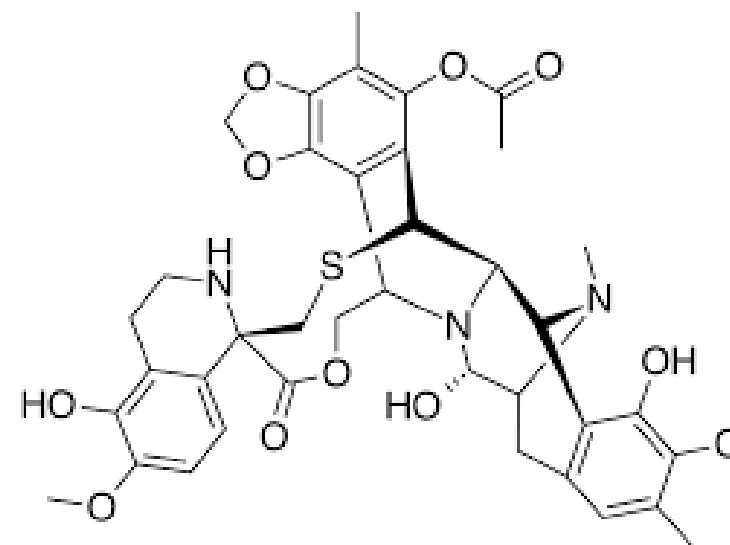
Sebatian Bioaktif dari Laut

❑ **Trabectedin** (van Kesteren *et al.*, 2003)

- Trabectedin, ubat antikanser, ialah sebatian terbitan marin yang pada mulanya diasingkan daripada tunicate Caribbean *Ecteinascidia turbinata*.
- Ia adalah molekul separa sintetik yang bertindak sebagai agen pengikat DNA, secara khusus menyasarkan alur kecil DNA.
- Interaksi dengan DNA ini membawa kepada herotan struktur heliks berganda, menyebabkan kerosakan DNA dan akhirnya menggalakkan kematian sel kanser (apoptosis).



Ecteinascidia turbinata.



(Source: van Kesteren *et al.*, 2003)



Aplikasi dalam Industri

❑ Perubatan: kanser, jangkitan



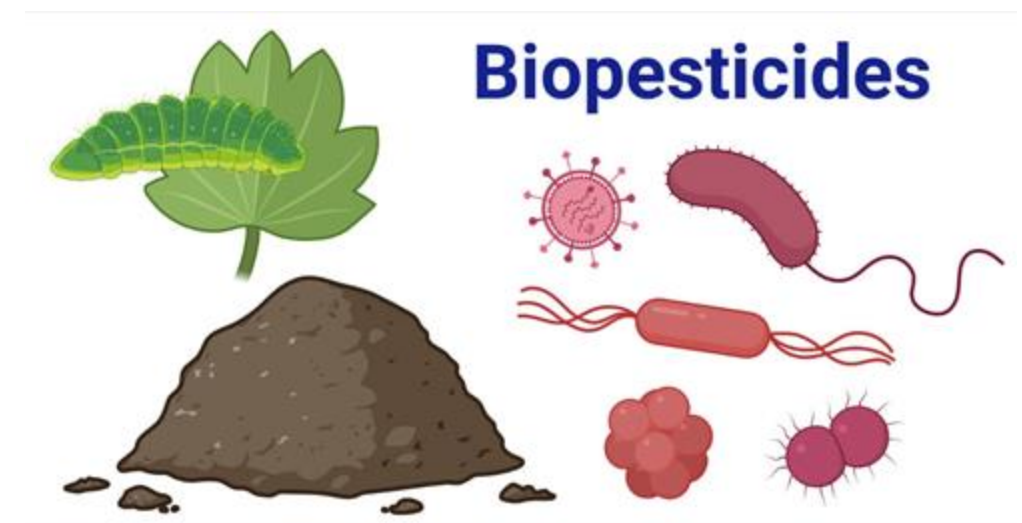
❑ Nutraseutikal: alga omega-3



❑ Kosmetik: Perlindungan UV



❑ Pertanian: bioracun perosak



Aplikasi dalam Perubatan: Kanser, Jangkitan

1. Terapi Kanser

Beberapa sebatian yang berasal dari marin telah dibangunkan menjadi **ubat antikanser**:

a) Trabectedin (Yondelis®) (van Kesteren *et al.*, 2003)

Sumber: *Ecteinascidia turbinata* (Semburan laut)

Tindakan: Mengikat DNA, mengganggu kitaran sel sel kanser.

Menggunakan: Diluluskan untuk **sarkoma tisu lembut** dan **Kanser Ovari**.

Dikomersialkan oleh: PharmaMar



b) Eribulin (Halaven®) (Menis, *et al.*, 2011)

Sumber: Analog sintetik daripada **halichondrin B** Dari span marin (*Halichondria okadai*)

Tindakan: Menghalang dinamik mikrotubulus dalam sel kanser

Penggunaan: **Kanser payudara metastatic** dan **liposarkoma**

Dikomersialkan oleh: Eisai Co., Japan



c) Bryostatin 1 (Kowalczyk *et al.*, 2025)

Sumber: *Bugula neritina* (bryozoan)

Menggunakan: Disiasat dalam **leukemia, limfoma**, dan sebagai modulator imun

Mekanisme: Memodulasi aktiviti protein kinase C (PKC)



bryostatin 1

Aplikasi dalam Perubatan: Kanser, Jangkitan

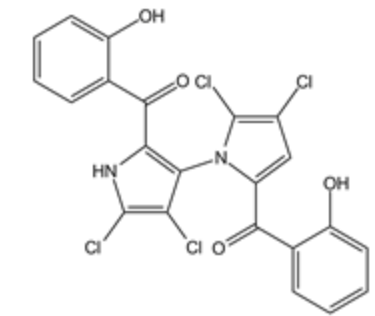
1. Jangkitan

Ejen Antimikrob & Antiviral

a) Marinopyrrole A (Hughes *et al.*, 2010)

Sumber: *Streptomyces* spp. daripada sedimen marin

Menggunakan: Spektrum luas **Antibakteria** aktiviti termasuk MRSA

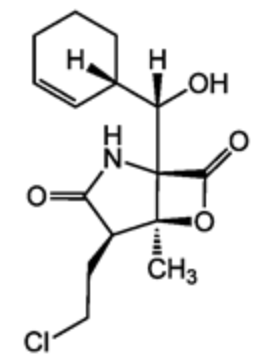
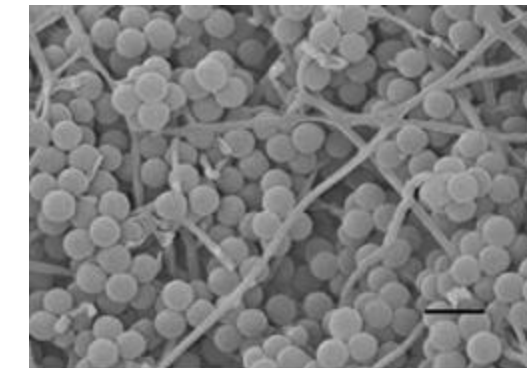


b) Salinosporamide A (Marizomib) (Feling *et al.*, 2003)

Sumber: *Salinispora tropica*, actinomycete marin

Tindakan: Perencat proteasome

Status: Dalam ujian klinikal untuk **pelbagai myeloma** dan **glioblastoma**

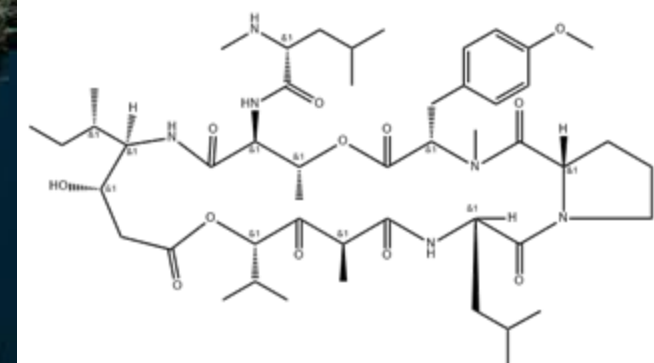


c) Didemnins (Rinehart *et al.*, 1981)

Sumber: *Trididemnum solidum* (Semburan laut)

Menggunakan: Antivirus dan antikanser (cth., plitidepsin menunjukkan janji terhadap **SARS-CoV-2** dan **pelbagai myeloma**)

Dikomersialkan oleh: PharmaMar



Aplikasi dalam Kosmetik: Perlindungan UV

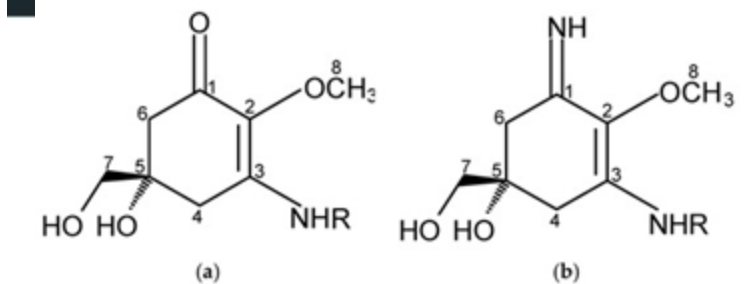
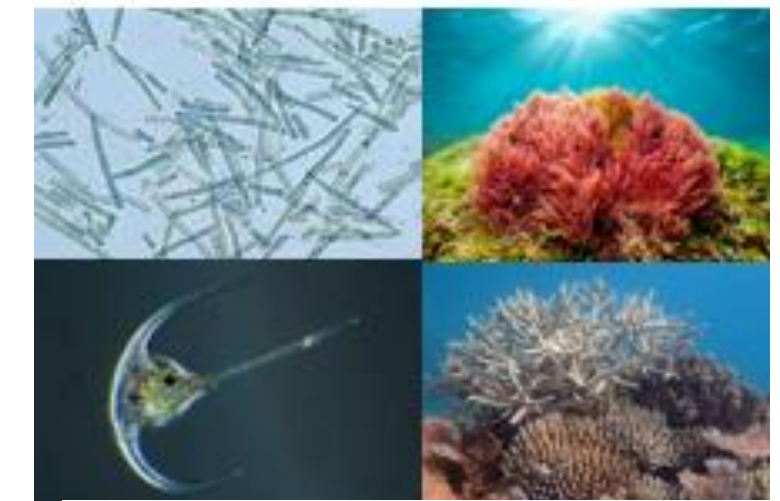
A. Asid Amino seperti Mycosporine(MAAs) (Singh *et al.*, 2021)

Sumber: Cyanobacteria, alga merah, dinoflagellata, karang.

Fungsi: Bertindak sebagai pelindung matahari semula jadi yang menyerap sinaran UV-A dan UV-B (310–360 nm).

Properties: Fotostabil (tidak mudah merosot di bawah cahaya matahari), Larut air, Aktiviti antioksidan

Aplikasi: Digunakan dalam formulasi pelindung matahari semula jadi, Digabungkan dalam produk anti-penuaan dan pelembap.



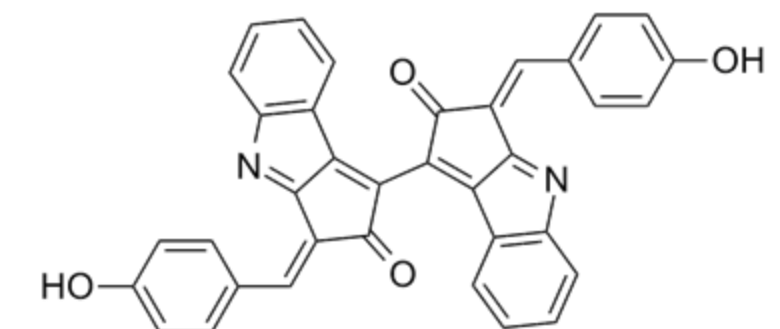
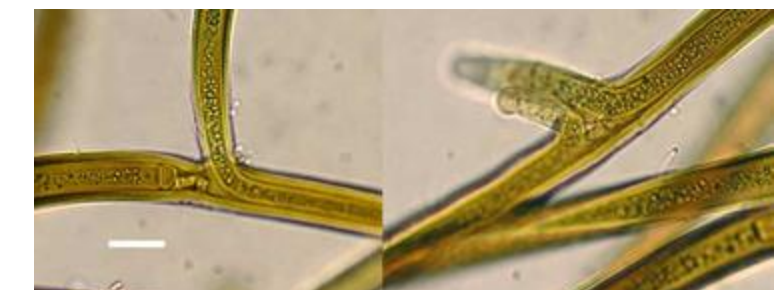
B. Scytonemin (Ručová *et al.*, 2023)

Sumber: Cyanobacteria (e.g., Scytonema species).

Fungsi: Penyerap UV-A yang kuat.

Hartanah: Larut lipid, Anti-radang dan antioksidan

Permohonan: Potensi untuk kosmetik anti-photoaging



Aplikasi dalam Kosmetik: Perlindungan UV

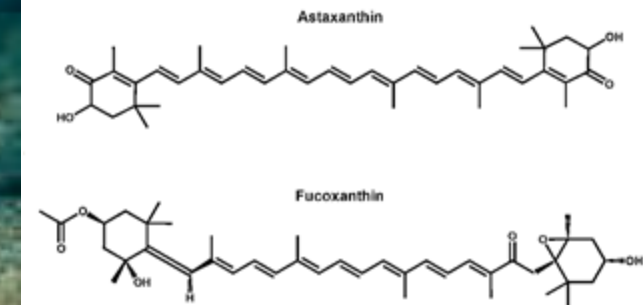
C. Karotenoid Marin (Shah *et al.*, 2025)

Contoh: Astaxanthin, fucoxanthin

Sumber: Mikroalga, rumpai laut, krustasea

Fungsi: Antioksidan yang melindungi
daripada tekanan oksidatif yang disebabkan
oleh UV

Aplikasi: Formulasi oral dan topikal, Kesan anti-kedutan, pencerahan kulit, dan anti-radang



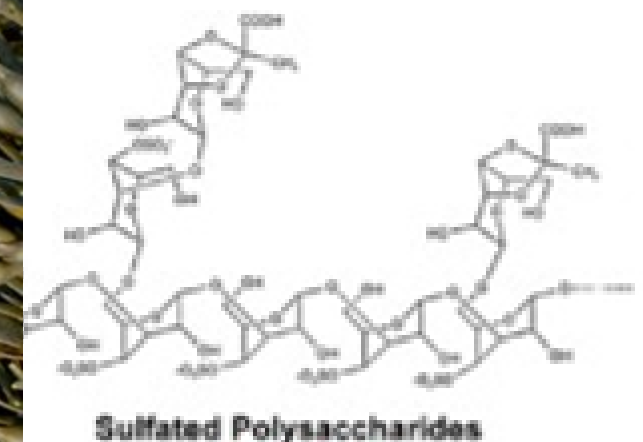
D. Polisakarida daripada Alga (Li *et al.*, 2024)

Sebagai contoh: Polisakarida sulfat

Sumber: Alga coklat dan merah

Fungsi: Penghidratan dan perlindungan penghalang kulit; ada juga yang menunjukkan kemampuan penapisan UV.

Permohonan: Meningkatkan perlindungan kulit dan sering digunakan dengan bahan aktif lain.



Aplikasi dalam Kosmetik: Perlindungan UV

Alga omega-3 (Parrish, 2024)

Bioprospek marin telah membawa kepada penemuan banyak sebatian bioaktif, dengan asid lemak omega-3 menjadi salah satu nutraseutikal yang paling berjaya secara komersial. Asid lemak penting ini, terutamanya asid eicosapentaenoic (EPA) dan asid docosahexaenoic (DHA), diperoleh daripada sumber marin dan memainkan peranan penting dalam kesihatan manusia.

Sumber:

Mikroalga (Alternatif Mampan)

Schizochytrium sp. (kandungan DHA yang tinggi).

Crypthecodinium cohnii (digunakan dalam suplemen omega-3 vegan).

Phaeodactylum tricornutum (mengandungi EPA).

Kegunaan Komersial:

Suplemen minyak alga

(e.g., Life's DHA® by DSM, Neuromins® by Martek).



Aplikasi dalam Nutraseutikal

Contoh Produk & Jenama

a) Helioguard® 365:

Mengandungi MAA yang diperoleh daripada alga merah (*Porphyra umbilicalis*); digunakan sebagai penapis UV-A semulajadi dalam krim kosmetik.



(Schimd *et al.*, n.d.)

b) Blue Light Protection by Algaktiv®:

Menggunakan MAA untuk melindungi daripada cahaya biru dan UV.



(Algaktiv, 2024)

c) Bioastin®:

Suplemen dan bahan topikal yang kaya dengan astaxanthin, digunakan dalam penjagaan kulit anti-penuaan dan pelindung matahari.



(Ambati *et al.*, 2014)



Aplikasi dalam Pertanian: Biopesticide

Rumpai laut (Makroalga) (Ganesh *et al.*, 2024)

Rumpai laut coklat, hijau dan merah mengandungi sebatian seperti fucoidans, phlorotannins, polifenol, peptida dan polisakarida dengan kesan racun perosak (racun herba, racun kulat, racun serangga, nematik, penghalau).

Contoh:

- ❑ *Ascophyllum nodosum* Ekstrak menggalakkan ketahanan terhadap patogen kulat dan bakteria dalam tanaman seperti tomato dan jagung, dengan menyedihkan enzim pertahanan tumbuhan.
- ❑ *Gracilaria*, *Ulva lactuca*, *Sargassum* spesies mempamerkan kesan racun serangga, racun kulat, nematik, penghalau melalui pelbagai kaedah pengekstrakan.



Ascophyllum nodosum



Ulva lactuca



Gracilaria



Sargassum

Aplikasi dalam Pertanian: Biopesticide

Mikroorganisma Marin & Kulat (Rodrigues et al., 2022)

Kulat marin dan actinomycetes menghasilkan alkaloid, peptida, polyketides baru dengan aktiviti anti-fitopatogenik dan racun serangga yang kuat.

Sebagai contoh, kulat marin tertentu menghasilkan sebatian yang aktif terhadap patogen tumbuhan dalam skrin makmal yang diketahui **racun perosak yang berasal dari marin** termasuk analog nereistoxin yang digunakan di peringkat serantau, dan alkaloid/racun serangga terbitan karang dan span yang baru ditemui seperti **manzamine A**, **hydroxycolorone**, **pyridoacridines** dengan aktiviti khusus terhadap perosak pertanian.



Isu Etika, Undang-undang, Alam Sekitar

- ☐ Protokol Nagoya
- ☐ Akses & Perkongsian Faedah (ABS)
- ☐ Biocetak rompak
- ☐ Amalan pensampelan yang mampan



Isu Etika, Undang-undang, Alam Sekitar

□ Protokol Nagoya

Protokol Nagoya ialah **perjanjian antarabangsa di bawah Konvensyen Kepelbagaian Biologi (CBD)** yang bertujuan untuk memastikan perkongsian faedah yang adil dan saksama yang timbul daripada penggunaan sumber genetik dan pengetahuan tradisional yang berkaitan dengannya.

Ia mewujudkan rangka kerja undang-undang untuk akses kepada sumber genetik dan pengetahuan tradisional yang berkaitan, menggalakkan ketelusan dan kepastian undang-undang untuk kedua-dua pembekal dan pengguna.



(Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2011)



Ethical, Legal, Environmental Issues

□ Akses & Perkongsian Faedah (ABS)

Bioprospek marin, penerokaan sumber genetik marin untuk sebatian berharga, memerlukan rangka kerja Akses dan Perkongsian Faedah (ABS) untuk memastikan pengagihan faedah yang adil dan saksama yang diperoleh daripada sumber ini. Rangka kerja ini menangani cabaran mengakses sumber genetik marin, terutamanya di kawasan di luar bidang kuasa negara, dan bertujuan untuk mengagihkan keuntungan secara adil daripada pengkomersialan produk yang diperoleh daripada sumber ini.

Aspek Utama Bioprospecting ABS:

Akses:

Menentukan siapa yang boleh mengakses sumber genetik marin dan dalam keadaan apa.

Perkongsian Faedah:

Mewujudkan mekanisme perkongsian faedah yang diperoleh daripada penggunaan sumber genetik marin.

- **Undang-undang Antarabangsa:**

Konvensyen PBB mengenai Undang-undang Laut (UNCLOS) dan Protokol Nagoya, yang mengawal akses kepada dan perkongsian faedah sumber genetik.

- **Pemantauan dan Pematuhan:**

Melaksanakan langkah-langkah berkesan untuk memantau penggunaan sumber genetik marin dan memastikan pematuhan perjanjian ABS.



Isu Etika, Undang-undang, Alam Sekitar

❑ Biocetak rompak

Biocetak rompak dalam bioprospek marin merujuk kepada peruntukan dan pengkomersialan sumber genetik dan pengetahuan tradisional yang tidak dibenarkan atau tidak beretika dari lautan, selalunya tanpa pampasan yang adil atau perkongsian faedah dengan komuniti atau negara tempat sumber itu berasal.

Aspek utama biocetak rompak dalam bioprospek marin:

- **Akses Tidak Dibenarkan:**

Mengakses sumber genetik marin (seperti mikroorganisma, tumbuhan dan haiwan) tanpa kebenaran yang sewajarnya daripada pihak berkuasa atau komuniti yang berkaitan.

- **Pengkomersialan tanpa Perkongsian Faedah:**

Dikomersialkan tanpa berkongsi faedah secara adil dengan komuniti atau negara yang menyediakan sumber.

- **Eksplotasi Pengetahuan Tradisional:**

Dieksplotasi tanpa pengiktirafan atau pampasan yang sewajarnya kepada komuniti orang asli yang memiliki pengetahuan ini.

- **Kesan kepada Biodiversiti dan Komuniti:**

Kehabisan sumber marin, memberi kesan negatif kepada biodiversiti, dan menghalang komuniti tempatan daripada potensi faedah ekonomi dan warisan budaya.



Ringkasan

- ❑ Bioprospek marin = masa depan bioteknologi
- ❑ Potensi untuk inovasi kesehatan, makanan dan alam sekitar
- ❑ Memerlukan sains, etika, dasar



Bibliografi

Davidson, S.K., Allen, S.W., Lim, G.E., Anderson, C.M. and Haygood, M.G. (2001). Evidence for the Biosynthesis of Bryostatins by the Bacterial Symbiont 'Candidatus Endobugula sertula' of the Bryozoan Bugula neritina. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(10), pp.4531–4537. doi:<https://doi.org/10.1128/aem.67.10.4531-4537.2001>.

Flemsæter, F. (2020). Regulating marine bioprospecting. Exploring the establishment of new regulatory regimes in the blue bioeconomy. *Ocean & Coastal Management*, 194, p.105207. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105207>.

Ganesh, C., Pullagura, S., Nagendra, Urkude, A. and Yadav, M. (2024). Marine Bioprospecting: Novel Use of Ocean Resources. *Vigyan Varta*, [online] 5(10). Available at: https://www.vigyanvarta.in/adminpanel/upload_doc/VV_1024_22-C.pdf.

Hosseini, H., Al-Jabri, H.M., Moheimani, N.R., Siddiqui, S.A. and Saadaoui, I. (2022). Marine microbial bioprospecting: Exploitation of marine biodiversity towards biotechnological applications—a review. *Journal of Basic Microbiology*. doi:<https://doi.org/10.1002/jobm.202100504>.

Rodrigues, C.J.C. and de Carvalho, C.C.C.R. (2022). Marine Bioprospecting, Biocatalysis and Process Development. *Microorganisms*, 10(10), p.1965. doi:<https://doi.org/10.3390/microorganisms10101965>.

Shetty, N. and Gupta, S. (2014). Eribulin drug review. *South Asian Journal of Cancer*, [online] 3(1), pp.57–59. doi:<https://doi.org/10.4103/2278-330X.126527>.

Shukla, P.S., Mantin, E.G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A.T. and Prithiviraj, B. (2019). Ascophyllum nodosum-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. *Frontiers in Plant Science*, 10. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>.

Singh, A., Čížková, M., Bišová, K. and Vítová, M. (2021). Exploring Mycosporine-Like Amino Acids (MAAs) as Safe and Natural Protective Agents against UV-Induced Skin Damage. *Antioxidants*, 10(5), p.683. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox10050683>.

van Kesteren, Ch., de Vooght, M.M.M., López-Lázaro, L., Mathôt, R.A.A., Schellens, J.H.M., Jimeno, J.M. and Beijnen, J.H. (2003). Yondelis® (trabectedin, ET-743): the development of an anticancer agent of marine origin. *Anti-Cancer Drugs*, 14(7), pp.487–502. doi:<https://doi.org/10.1097/00001813-200308000-00001>.



Bibliografi

Menis, J., & Twelves, C. (2011). Eribulin (Halaven): A new, effective treatment for women with heavily pretreated metastatic breast cancer. *Breast Cancer: Targets and Therapy*, 3, 101–111. <https://doi.org/10.2147/BCTT.S21741> \

Skirycz, A., Kierszniowska, S., Méret, M., Willmitzer, L., & Tzotzos, G. (2016). Medicinal bioprospecting of the Amazon rainforest: A modern Eldorado? *Trends in Biotechnology*, 34(10), 781–790. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.03.006>

Singh, R., Chauhan, N., & Kuddus, M. (2021). Exploring the therapeutic potential of marine-derived bioactive compounds against COVID-19. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 52798–52809. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16104-6>

Chang, Y., Hou, F., Pan, Z., Huang, Z., Han, N., Bin, L., Deng, H., Li, Z., Ding, L., Gao, H., Zhi, F., Yang, R., & Bi, Y. (2019). Optimization of culturomics strategy in human fecal samples. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2891. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02891>

Erkey, C. (2009). Supercritical Fluids and Their Applications. In M. A. McHugh & V. J. Krukonis (Eds.), *Supercritical Fluid Science and Technology* (pp. 135–176). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045329-3.00006-8>

Kowalczyk, T., Gawel, D., & Gawel, K. (2025). Anticancer activity of the marine-derived compound Bryostatin 1. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(16), 7765. <https://doi.org/10.3390/ijms26167765>

Hughes, C. C., MacMillan, J. B., Gaudêncio, S. P., Jensen, P. R., & Fenical, W. (2010). Marinopyrrole A: Antibiotic activity and synthesis. *Organic Letters*, 12(18), 4228–4231. <https://doi.org/10.1021/ol101801r>

Feling, R. H., Buchanan, G. O., Mincer, T. J., Kauffman, C. A., Jensen, P. R., & Fenical, W. (2003). Salinosporamide A: A highly cytotoxic proteasome inhibitor from a novel marine bacterium. *Angewandte Chemie International Edition*, 42(3), 355–357. <https://doi.org/10.1002/anie.200390119>

Rinehart, K. L., Holt, T. G., Fregeau, N. L., Stroh, J. G., Keifer, P. A., Sun, F., & Li, L. H. (1981). Didemnins: Antiviral and antitumor depsipeptides from a Caribbean tunicate. *Journal of the American Chemical Society*, 103(7), 1857–1859. <https://doi.org/10.1021/ja00400a056>



Bibliografi

Ručová, D., Vilková, M., Sovová, S., Vargová, Z., Kostecká, Z., Frenák, R., Routray, D., & Bačkor, M. (2023). Photoprotective and antioxidant properties of scytonemin isolated from Antarctic cyanobacterium *Nostoc commune* and its potential as sunscreen ingredient. *Journal of Applied Phycology*, 35, 2839–2850. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03109-6>

Shah, F. I., Imran, H., Akram, F., Khalid, T., & Shehzadi, S. (2025). Marine carotenoids: Unlocking advanced antioxidant mechanisms and therapeutic applications for oxidative stress. *Molecular Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s12033-025-01420-w>

Li, C., Wang, H., Zhu, B., Yao, Z., & Ning, L. (2024). Polysaccharides and oligosaccharides originated from green algae: Structure, extraction, purification, activity and applications. *Bioresources and Bioprocessing*, 11, Article 85. <https://doi.org/10.1186/s40643-024-00800-5>

Parrish, C. C. (2024). Thraustochytrids and algae as sustainable sources of long-chain omega-3 fatty acids for aquafeeds. *Sustainability*, 16(21), 9142. <https://doi.org/10.3390/su16219142>

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2011). Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity: Text and annex. United Nations. <https://www.cbd.int/abs/text>

Ambati, R. R., Phang, S.-M., Ravi, S., & Aswathanarayana, R. G. (2014). Astaxanthin: Sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications—A review. *Marine Drugs*, 12(1), 128–152. <https://doi.org/10.3390/md12010128>

Schmid, D., Schürch, C., & Züllig, F. (n.d.). Helioguard® 365: Mycosporine-like amino acids from red algae protect against premature skin aging. *Mibelle Biochemistry*. Retrieved from: <https://www.personalcaremagazine.com/story/44274/algaktiv-reveals-retinart-clinical-study-findings>

Algaktiv. (2024). Algaktiv RetinART: Clinical study findings on marine-based retinol alternative. *Personal Care Magazine*. Retrieved from: [Algaktiv reveals RetinArt clinical study findings](#)



TERIMA KASIH



sustainablue@sci.ui.ac.id



**SustainaBlue HEIs in Malaysia
and Indonesia**



**Co-funded by
the European Union**

Dibiayai oleh Kesatuan Eropah. Walau bagaimanapun, pandangan dan pendapat yang dinyatakan adalah pandangan pengarang sahaja dan tidak semestinya mencerminkan pandangan Kesatuan Eropah atau Agensi Eksekutif Pendidikan dan Kebudayaan Eropah (EACEA). Kesatuan Eropah mahupun EACEA tidak boleh dipertanggungjawabkan ke atas mereka.

Projek: 101129136 — SustainaBlue — ERASMUS-EDU-2023-CBHE

