

PENGEMBANGAN METODE EKSTRAKSI FITONUTRIEN *CRUDE PALM OIL* (CPO) RAMAH LINGKUNGAN UNTUK INDUSTRI PANGAN DAN FARMASI

Ilmi Fadhilah Rizki

Abstrak - Penggunaan pelarut organik saat ini telah menjadi salah satu masalah dalam pengembangan teknologi industri karena cenderung beracun, merusak lingkungan, dan juga menggunakan biaya produksi yang tinggi. Pelarut tersebut masih digunakan pada industri farmasi dan pangan, namun jika dikonsumsi di atas batas maksimal konsentrasinya akan memberikan pengaruh terhadap kesehatan manusia. Pelarut organik biasanya digunakan untuk mengekstrak fitonutrien yang terdapat pada tanaman. Minyak kelapa sawit merupakan salah satu minyak nabati yang kaya akan berbagai fitonutrien yang dapat dikembangkan menjadi sebuah produk pangan, farmasi, dan kosmetik. Berdasarkan hal tersebut, pengembangan teknologi ramah lingkungan (*green technology*) sangat dibutuhkan untuk dapat meminimalkan pemakaian pelarut organik. Teknologi ramah lingkungan ini akan menerapkan penggunaan minimum pelarut yang berbahaya dengan mengembangkan pelarut yang ramah lingkungan (*green solvent*). *Natural Deep Eutectic Solvent* (NaDES) akan menjadi alternatif pengganti pelarut organik umum tersebut. NaDES tersusun dari komponen senyawa metabolit primer yang terdapat pada makhluk hidup, sehingga memiliki sifat yang mudah terurai, tidak beracun, tidak mudah menguap, aman dan murah untuk menghasilkan pelarut ramah lingkungan yang dapat digunakan pada industri pangan dan farmasi. Potensial yang dimiliki oleh NaDES ini akan terus dikembangkan dan digunakan untuk mengekstraksi fitonutrien yang terdapat pada minyak kelapa sawit dengan efektif dan selektif.

Kata kunci: *Natural Deep Eutectic Solvent*; ekstraksi, fitonutrien, minyak sawit, ramah lingkungan

PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi ramah lingkungan (*green technology*) dalam industri kimia menjadi salah satu permasalahan yang harus diselesaikan. Teknologi ramah lingkungan ini akan mengusung penggunaan minimum senyawa kimia yang berbahaya dan mengembangkan pelarut yang ramah lingkungan (*green solvent*). Pelarut ramah lingkungan ini akan menggantikan pelarut organik umum yang cenderung memiliki toksisitas dan volatilitas yang tinggi dan merusak lingkungan, seperti penggunaan kloroform, heksana, metanol, etanol, dan etil asetat (Chemat, Vian, & Cravotto, 2012).

Satu dekade terakhir ini, perkembangan teknologi ke arah *green chemistry* sangat berkembang pesat. Salah satunya adalah adanya perkembangan

teknologi ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang ramah lingkungan. Teknologi ekstraksi ramah lingkungan didukung oleh dua pelarut utama, yaitu *Ionic Liquid* (IL) dan *Deep Eutectic Solvent* (DES) (Vanda, Dai, Wilson, Verpoorte, & Choi, 2018). IL merupakan pelarut ramah lingkungan pertama yang dikembangkan sebagai alternatif pengganti pelarut organik. Penggunaan IL sebagai pelarut dalam ekstraksi dan/atau pemurnian senyawa bioaktif efektif untuk senyawa organik kecil hingga molekul yang lebih kompleks. Penggunaan IL dapat menghasilkan hasil ekstraksi dan faktor pemurnian yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan dan pelarut organik (Ventura et al., 2011). Namun saat ini, dengan adanya penelitian IL yang mendalam, ditemukan bahwa IL ternyata memiliki volatilitas yang tinggi, mudah terbakar, tidak stabil dan bahkan beracun. Selain itu, reaksi pembentukan IL secara umum terlalu mahal dan sulit karena tidak dapat disintesis hanya dengan satu langkah pembentukan dan juga membutuhkan waktu yang lama (Płotka-Wasyłka, de la Guardia, Andruch, & Vilková, 2020).

Berdasarkan hal tersebut, *Deep Eutectic Solvent* (DES) kemudian dikembangkan untuk mengatasi

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Ilmi Fadhilah Rizki (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158, Indonesia

Email: ilmifadhilahrizki@gmail.com

kelemahan yang dimiliki oleh IL. DES dibuat dari kombinasi senyawa kimia yang berperan sebagai akseptor ikatan hidrogen (HBA) dan donor ikatan hidrogen (HBD). Senyawa kimia tersebut tidak beracun dan *biodegradable*. Konsep DES pertama kali diperkenalkan oleh Abbott melalui penelitiannya mengenai campuran garam amonium kuaterner dengan urea. (Abbott, Capper, Davies, Rasheed, & Tambyrajah, 2003). Jika dibandingkan dengan IL, sintesis DES dapat dibuat dengan tahapan yang mudah dan relatif lebih murah. DES digunakan pada berbagai ekstraksi mulai dari ekstraksi logam pada pertambangan sampai pada ekstraksi bahan bioaktif dari bahan alam (Hansen et al., 2021).

Perkembangan penelitian DES semakin merujuk pada penggunaan senyawa bahan alam secara keseluruhan yang dikenal dengan Natural Deep Eutectic Solvent (NADES). Dai et al dalam penelitiannya menjelaskan bahwa NADES dapat memiliki sifat yang lebih polar daripada air, juga dapat memiliki sifat kepolaran yang sama dengan metanol. Hal ini menunjukkan bahwa NADES sangat berpotensi untuk melarutkan berbagai senyawa yang memiliki kepolaritas beragam bahkan lebih baik dari DES (Dai, van Spronsen, Witkamp, Verpoorte, & Choi, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Radošević et al juga menjelaskan bahwa NADES tidak hanya menyempurnakan karakteristik fisikokimia sebuah pelarut namun juga mampu meningkatkan aktivitas biologis senyawa ekstraknya. Oleh karena itu, berdasarkan penelitian tersebut ditegaskan bahwa NADES adalah pelarut yang sangat baik, ramah lingkungan dan *sustainable*, yang sangat cocok digunakan dalam industri makanan dan farmasi (Radošević et al., 2016).

Minyak kelapa sawit adalah salah satu minyak nabati yang kaya akan berbagai fitonutrien meliputi tokoferol, tokotrienol, karotenoid, sterol, squalene, fosfolipid, dan polifenol. Penelitian yang terkini menyatakan bahwa tokoferol dan tokotrienol mampu meningkatkan respons imun yang telah diuji-cobakan pada hewan dan manusia, serta memberikan perlindungan terhadap beberapa penyakit menular, yaitu pneumonia, hepatitis, sirosis, influenza, dan infeksi saluran pernafasan (Lewis, Meydani, & Wu, 2019). Sehingga, pengembangan ekstraksi fitonutrien kelapa sawit sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil ekstraksi fitonutrien yang selektif dan efisien bagi industri hilir kelapa sawit, terutama dalam industri

makanan maupun farmasi.

Berdasarkan hal tersebut, tulisan ini membahas tentang kandungan fitonutrien pada minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil*, CPO) yang bermanfaat bagi kesehatan, prinsip dasar NADES sebagai salah satu metode alternatif ekstraksi fitonutrien yang ramah lingkungan, pemanfaatan NADES untuk mengekstraksi fitonutrien pada CPO serta kelebihan dan kekurangan dalam kandungan fitonutrien pada *Crude Palm Oil* (CPO).

Tumbuhan terbukti sangat kaya akan berbagai macam metabolit sekunder, sebagian besar di antaranya memberikan pengaruh secara langsung dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut. Berdasarkan asal usul biosintetisnya, fitonutrien secara umum dapat diklasifikasikan sebagai vitamin E, karotenoid, fenolat, alkaloid, senyawa yang mengandung nitrogen, dan senyawa organosulfur yang memiliki berbagai manfaat dalam pangan, farmasi dan kosmetik.

Minyak kelapa sawit memiliki komposisi yang terdiri dari 48% asam lemak jenuh (SFA), dan 52% asam lemak tidak jenuh (UFA). Asam lemak jenuh yang terkandung dalam minyak sawit tersusun atas asam palmitat (44%) sebagai SFA utama. Sedangkan asam lemak tidak jenuh tersusun atas dua asam lemak utama yaitu, asam oleat (39%) dan asam linoleat (11%) (Gesteiro et al., 2019). Saat ini, berbagai penelitian sangat menyoroti efek negatif asam lemak jenuh terhadap kesehatan jantung, padahal minyak sawit juga sangat kaya akan sejumlah fitonutrien meliputi tokoferol, tokotrienol, karotenoid, sterol, squalene, fosfolipid, dan polifenol. Meskipun fitonutrien ini hanya menyumbang persentase komposisi minyak sawit sebesar 1%, namun komponen ini memainkan peran penting dalam stabilitas dan kualitas minyak sawit. Selain itu, semua fitonutrien tersebut menunjukkan sejumlah manfaat nutrisi dan kesehatan bagi manusia (Gambar 1) (Loganathan, Selvaduray, Radhakrishnan, & Nesaretnam, 2009).

NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENT (NADES)

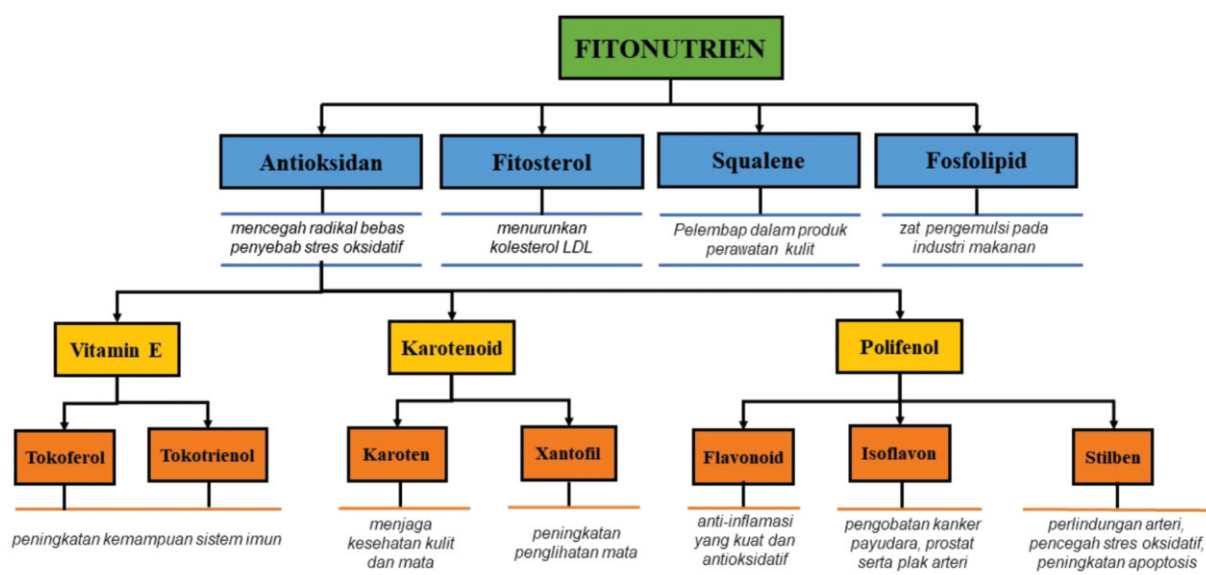
Saat ini, dibutuhkan metode ekstraksi yang cepat dan menghasilkan hasil produksi yang tinggi (*recovery process*). Pengembangan metode ekstraksi ini harus mempertimbangkan biaya proses yang mencakup jumlah pelarut yang digunakan serta pemenuhan energi yang digunakan untuk mengatur temperatur



dan tekanan tinggi yang diperlukan selama proses ekstraksi. Aspek lingkungan dan kesehatan juga menjadi poin penting yang harus dipertimbangkan. Berdasarkan hal ini, dibutuhkan pengembangan metode ekstraksi yang meminimalisir penggunaan pelarut organik, pengkombinasian berbagai metode ekstraksi, dan juga pencarian metode yang ramah lingkungan. Pendekatan teknologi ramah lingkungan yang saat ini dikembangkan adalah penggunaan pelarut ramah lingkungan (green solvent) yang dikenal dengan metode *Natural Deep Eutectic Solvent* (NaDES).

NaDES dapat diklasifikasikan sebagai DES, tersusun dari komponen senyawa yang berperan sebagai donor ikatan hidrogen (HBD) dan akseptor ikatan hidrogen (HBA). Senyawa HBA yang biasa

digunakan adalah garam amonium kuaterner atau asam amino (alanin, prolin, glisin, betain) sedangkan senyawa HBD yang digunakan adalah asam organik (asam oksalat, asam laktat, asam malat, dll.) atau karbohidrat (glukosa, fruktosa, maltose, dll.). Senyawa alkohol, amina, aldehida, keton, dan karboksilat dapat berperan ganda: sebagai donor dan akseptor ikatan hidrogen (Fernández, Boiteux, Espino, Gomez, & Silva, 2018). Semua senyawa komponen tersebut merupakan senyawa alami yang merupakan bagian dari metabolit primer yang terdapat pada makhluk hidup, sehingga memiliki sifat yang mudah terurai, tidak beracun, tidak mudah menguap, aman dan murah untuk menghasilkan pelarut ramah lingkungan yang dapat digunakan pada industri pangan dan farmasi.



Gambar 1. Kandungan fitonutrien umum yang terdapat pada tumbuhan

NaDES disintesis melalui beberapa metode, yaitu: (1) pemanasan dan pengadukan, komponen penyusun NaDES dicampur pada rasio yang ditentukan dan kemudian diaduk pada suhu tertentu (misalnya, 50-100°C) (Yue, Huang, Fu, & Chang, 2020); (2) penguapan menggunakan vakum, metode ini mencakup dua tahapan. Pada tahap pertama, komponen penyusun NaDES dilarutkan dalam air dan dipanaskan, tahap selanjutnya menghilangkan kandungan air,

dengan penguapan menggunakan vakum; (3) penggilingan (grinding), komponen penyusun NaDES dengan rasio tertentu digiling pada suhu ruang sampai terbentuk cairan NaDES yang homogen (C. Florindo, Oliveira, Rebelo, Fernandes, & Marrucho, 2014) (4) penggunaan vortex dan ultrasound juga dilakukan untuk mempercepat proses pelarutan NaDES (Tekin, Unutkan, Erulaş, Bakırdere, & Bakırdere, 2020; Wu, Li, Chen, Wang, & Lin, 2020).

Sintesis NADES melalui metode pemanasan dan pengadukan adalah yang paling umum digunakan dalam beberapa penelitian. Metode ini lebih ekonomis dan juga memungkinkan adanya pengontrolan suhu pada saat sintesis berlangsung. Rasio yang digunakan biasanya akan secara langsung berkontribusi terhadap kemampuan donor dan akseptor ikatan hidrogen antar komponen penyusunnya. Pengembangan senyawa komponen penyusun NaDES yang baru harus dimulai dengan rasio molar komponen 1:1 dan selanjutnya dapat disesuaikan sesuai dengan efektivitas ekstraksi yang diinginkan. (Mišan et al., 2020).

Salah satu kegunaan utama NADES adalah digunakan sebagai pelarut ramah lingkungan untuk ekstraksi berbagai molekul. Penggunaannya dalam ekstraksi bergantung pada sifat fisikokimianya, seperti viskositas, kepadatan, kelarutan, dan polaritas. Komponen penyusun NaDES biasanya ditetapkan dalam rasio molar (mol/mol). Selain itu, rasio komponen juga sangat berhubungan dengan sifat fisiko-kimia yang diinginkan (Liu et al., 2018).

SIFAT FISIKO-KIMIA NADES SEBAGAI PELARUT

Efektivitas ekstraksi senyawa dengan menggunakan NaDES sangat bergantung pada sifat disolusi nya. NaDES memiliki kemampuan untuk memberikan dan menerima proton maupun elektron, sehingga memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen, yang sangat berkaitan dengan sifat disolusinya. NaDES memiliki kemampuan yang tinggi untuk melakukan interaksi ikatan hidrogen dengan senyawa yang diekstraknya. Sifat NaDES lainnya yang juga memiliki pengaruh yang besar dalam ekstraksi, adalah polaritas dan viskositas. Optimalisasi semua sifat ini, menjadikan NaDES pelarut yang lebih baik dibandingkan dengan pelarut konvensional lainnya, seperti air ataupun etanol (Y. Liu et al., 2018).

Hidrofilik Dan Hidrofobik Nades

NaDES terdiri dari dua karakteristik, yaitu NaDES hidrofilik dan hidrofobik/lipofilik. NaDES hidrofilik memiliki kemampuan pelarutan yang tinggi terhadap senyawa metabolit polar dikarenakan sifat polaritasnya yang tinggi. Komponen penyusun NaDES hidrofilik biasanya tersusun dari senyawa

gula, alkohol, asam dan beberapa garam organik yang membentuk ikatan hidrogen dengan gugus yang elektronegatif melalui interaksi dipol-dipol. Hal inilah yang menjelaskan kecenderungan NADES hidrofilik untuk dapat bercampur dengan pelarut polar seperti air dan methanol. Hidrofobik NaDES tersusun dari garam amonium kuarterner dengan rantai alkil panjang atau senyawa alami hidrofobik sebagai HBA, sedangkan senyawa yang berperan sebagai HBD adalah asam karboksilat atau alkohol dengan asam rantai alkil panjang. (Catarina Florindo, Branco, & Marrucho, 2019).

Viskositas NaDES

Viskositas NaDES dipengaruhi oleh satu faktor utama yaitu, suhu (Zhao et al., 2015). Suhu memberikan berpengaruh pada gaya antarmolekul pada NaDES dan berkontribusi pada viskositas cairannya. Energi kinetik yang besar akan menghilangkan kekuatan gaya antarmolekul dan mengurangi viskositas NaDES. Viskositas pada NaDES akan memberikan pengaruh terhadap kemampuan NaDES untuk mengesktraksi target senyawa yang diinginkan. Semakin tinggi nilai viskositas NaDES, maka senyawa target akan semakin sulit untuk berinteraksi. Viskositas NaDES ini sangat ditentukan oleh ikatan hidrogen, van der Waals, dan interaksi elektrostatik. Energi kinetik dari pemanasan (naiknya suhu) dapat meningkatkan frekuensi tumbukan antarmolekul sehingga menghasilkan gaya antarmolekul yang lemah. Sifat viskositas NaDES dapat disesuaikan dengan penambahan air. Air merupakan senyawa yang mampu berperan sebagai pemberi dan penerima ikatan hidrogen. Dengan adanya penambahan air, maka ikatan hidrogen juga akan berpengaruh pada molekul NaDES. Dai et al. (2015) menunjukkan bahwa pengenceran dengan air menyebabkan interaksi HBD-HBA melemah secara bertahap dan bahkan menghilang. Di sisi lain, penambahan sedikit air dapat mengurangi viskositas NaDES menjadi seperti air, sehingga meningkatkan konduktivitas hingga 100 kali lipat (Dai, Witkamp, Verpoorte, & Choi, 2015).

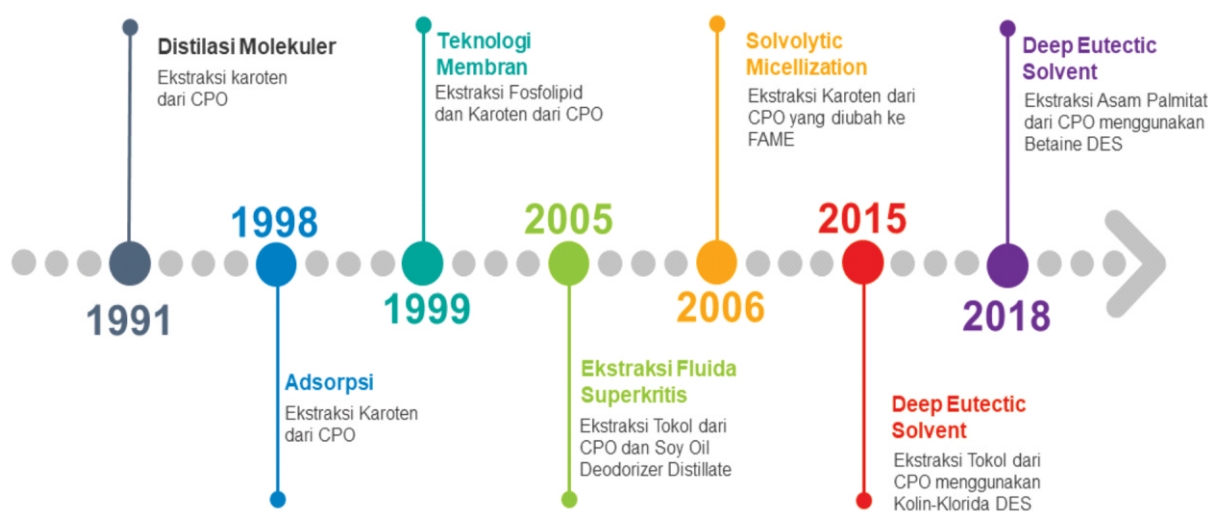
POTENSIAL NADES UNTUK EKSTRAKSI FITONUTRIEN

Perkembangan teknik ekstraksi fitonutrien dimulai dari teknik konvensional meliputi maserasi, perkolasi, dan ekstraksi Soxhlet. Selain itu ekstraksi ini berkembang sehingga dapat dilakukan dengan berbagai metode lainnya yaitu adsorpsi, vakum dan distilasi molekuler, ekstraksi fluida superkritis (SFE), dan teknologi membran (Gambar 2). Meskipun demikian, teknik ekstraksi tersebut melibatkan periode ekstraksi yang panjang dan rumit, biaya tinggi (karena volume pelarut yang dibutuhkan), dan hasil ekstraksi yang rendah. Namun, beberapa masalah utama yang terkait dengan teknik ekstraksi ini adalah toksisitas pelarut yang digunakan, ketidakstabilan termal, perbedaan polaritas dan kelarutan, dan juga selektivitas yang buruk. Oleh karena itu penggunaan NaDES menjadi alternatif untuk melakukan ekstraksi fitonutrien yang lebih baik dari teknik konvensional (Hoe, Chan, Nagasundara Ramanan, & Ooi, 2020).

DES dapat digunakan untuk mengekstraksi

empat isomer tokol di dalam lima minyak nabati yang berbeda. Penelitian ini menggunakan prinsip mikroekstraksi fase cair yang digabungkan dengan pengembangan RP-HPLC untuk melakukan analisis isomernya. DES yang digunakan dalam penelitian ini bersifat hidrofilik dengan mengkombinasikan etanol dengan berbagai jenis garam ammonium kuarterner. Gambar 2. Perkembangan metode ekstraksi hingga menjadi ramah lingkungan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan DES sebagai ekstrak sangat efektif dan efisien dikarenakan persiapan DES yang ramah lingkungan dan waktu yang relatif singkat, hanya dengan melelehkan padatan DES menjadi cairan pada suhu tertentu. Penggunaan DES ini juga menjadi sangat selektif karena pada penelitian ini isomer tokoferol menjadi yang lebih mudah untuk diekstraksi (Xie et al., 2021).



Gambar 2. Perkembangan metode ekstraksi hingga menjadi ramah lingkungan

Dalam penelitian lainnya, kombinasi DES kolin klorida dan asam n-butirat digunakan untuk mengekstraksi fitosterol dari minyak nabati dengan menggunakan kombinasi metode ekstraksi fase padat dan mikroekstraksi cair-cair. Penelitian ini menggunakan GC-MS untuk menganalisis konsentrasi analit yang telah diekstraksi. Sampel minyak disaponifikasi terlebih dahulu dengan natrium hidroksida dan kemudian analit diadsorpsi

menggunakan sorben octadecylsilane (C18). Setelah itu analit didesorpsi dari sorben tersebut dengan menggunakan DES yang telah dipersiapkan sebelumnya untuk mendapatkan konsentrat fitosterol yang akan dianalisis menggunakan GC-MS. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, kombinasi DES tersebut memberikan hasil yang baik untuk mendapatkan ekstrak β -sitosterol. Penelitian ini juga menyimpulkan bahwa penggunaan DES mampu

mengurangi pemakaian etanol jika dibandingkan dengan penelitian yang lain (Mogaddam et al, 2020).

Penentuan senyawa fenolik dalam minyak zaitun extra virgin (EVOO) juga dapat dilakukan menggunakan NaDES kombinasi glukosa dan asam laktat. Karakteristik senyawa fenolik dari ekstrak minyak zaitun tersebut dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan uji ekstrak Folin-Ciocalteu. Hasil ekstraksi tersebut kemudian diukur diukur berdasarkan kemampuan penyerapannya pada beberapa panjang gelombang. Penelitian ini menemukan delapan jenis senyawa fenolik yang terdapat pada sampel minyak zaitun. Penelitian ini juga menyimpulkan bahwa, dengan menggunakan DES maka penggunaan pelarut dan reagen berbahaya berkurang namun masih tetap memberikan pendekatan analisa yang layak (Paradiso, 2016).

Perspektif NaDES sebagai Subtitor Pelarut Konvensional

Berbagai keunggulan penggunaan DES/NaDES dalam ekstraksi fitonutrien telah ditemukan, meliputi bahan yang dibutuhkan cenderung lebih murah, biodegradable, dan mudah disiapkan. Bentuk interaksi antarmolekul dan variasi komponen yang tinggi juga membuat DES dapat sangat selektif dalam mengekstrak senyawa tertentu. Namun, ditemukan dua kekurangan utama selama penggunaan DES/NaDES yang masih harus dikembangkan, yaitu ketidakstabilan termal dan sifatnya yang higroskopis.

Stabilitas termal dan jangka panjang NaDES berbasis kolin klorida dan asam karboksilat cenderung akan terdegradasi karena reaksi esterifikasi, terutama antara asam karboksilat dan gugus OH pada ChCl. Sebagian besar NaDES tersebut akan teresterifikasi pada suhu kamar setelah penyimpanan selama beberapa bulan. Reaksi esterifikasi ini didorong oleh suhu; oleh karena itu, pembuatan NaDES melalui metode pemanasan pada suhu 80°C atau lebih tinggi menghasilkan NaDES yang teresterifikasi. Sehingga perlu adanya penambahan air untuk dapat menghindari atau memperlambat reaksi esterifikasi tersebut, karena adanya perpindahan reaksi kesetimbangan (Rodriguez Rodriguez, Van Den Bruinhorst, Kollau, Kroon, & Binnemans, 2019).

Sebagian besar NaDES memiliki sifat higroskopis yang mampu menyerap air dari udara. Sejumlah kecil

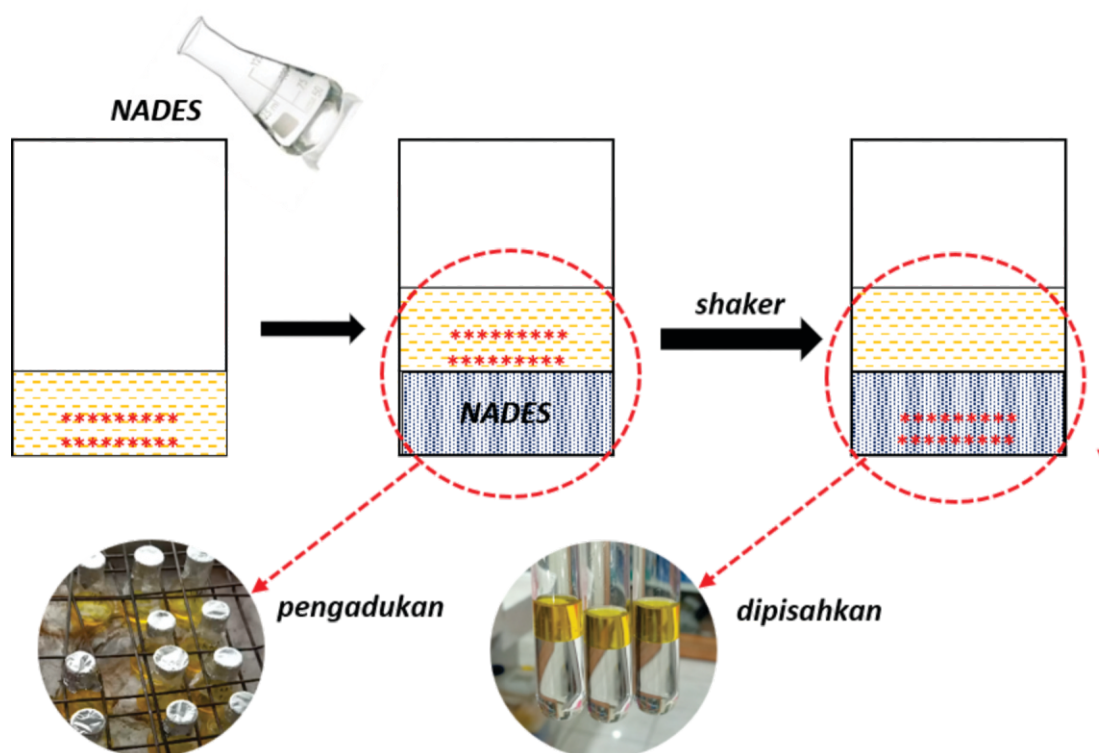
air yang terdapat pada campuran NaDES dapat mempengaruhi struktur kimia dan sifat fisik NaDES. Kemampuan penyerapan air meningkat seiring dengan peningkatan jumlah gugus hidrofilik dalam NaDES. Oleh karena itu, NaDES dengan gugus hidrofilik yang lebih banyak, seperti halnya kombinasi ChCl:glukosa memiliki laju awal penyerapan air yang lebih tinggi. Ketika kapasitas penyerapan air tinggi, terjadi hambatan dari kekuatan ikatan hidrogen dari NaDES sehingga perlu diatas agar kemampuan ikatan tersebut tidak mengganggu kemampuan NaDES untuk mengekstrak senyawa yang spesifik (Chen, Yu, Chen, Fu, & Mu, 2019). Meskipun demikian, kemampuan NaDES untuk mengekstrak senyawa bioaktif memiliki keunggulan yang lebih banyak yaitu tingkat volatilitas dan toksisitas yang lebih rendah, kemampuan untuk melarutkan senyawa berdasarkan polaritas yang bisa disesuaikan, dan meningkatkan hasil ekstraksi dalam waktu yang lebih singkat.

Prinsip ekstraksi NaDES umumnya menggunakan prinsip ekstraksi cair-cair bifase (*Liquid Biphasic System, LBS*). Ekstraksi ini umum digunakan untuk pemisahan, pemulihan, dan pemurnian senyawa bioaktif, seperti protein, lemak, bahkan berbagai fitonutrien. Ekstraksi dengan LBS melibatkan reaksi kesetimbangan dan pemisahan fase yang juga dipengaruhi oleh adanya perbedaan kepolaran. Kesetimbangan adalah proses di mana komposisi fase dan senyawa target mencapai keseimbangan selama pencampuran komponen dalam sistem dua fase (dengan mekanisme perpindahan massa). Kesetimbangan ini bisa dicapai dengan sendirinya, karena adanya pergerakan senyawa target yang dipengaruhi oleh gravitasi dan juga perbedaan kepolaran tersebut, namun pemisahan fasa oleh gravitasi biasanya membutuhkan lebih banyak waktu, dan oleh karena itu, dibutuhkan agitasi untuk mempercepat proses pemisahan fasa ini. Proses agitasi ini dapat melalui proses pengadukan pada corong pisah, sentrifugasi, menggunakan stirrer dan juga shaker (Khoo et al., 2020).

Pada penelitian ekstraksi tokotrienol pada CPO menggunakan NaDES hidrofilik dengan menggunakan kombinasi antara kolin klorida dan asam karboksilat. Migrasi senyawa tokotrienol dipengaruhi oleh adanya gaya gravitasi, agitasi menggunakan shaker dan juga dipengaruhi kepolaran yang sejenis antara NaDES dan juga tokotrienol sebagai senyawa target.

Kepolaran ini juga menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen antara NaDES dan tocotrienol. Dengan sistem ekstraksi ini, diharapkan senyawa toktrienol pada CPO akan terekstraksi dengan baik. Selanjutnya,

salah satu hal penting dalam penggunaan NaDES adalah sebuah metode untuk bisa mendaur ulang kembali (*recovery*) NaDES dari hasil ekstraksi untuk mendapatkan senyawa target yang murni.



Gambar 3. Sistem ekstraksi cair-cair pada NaDES untuk memisahkan tocotrienol pada CPO

KESIMPULAN

Pengembangan teknologi ramah lingkungan (*green technology*) dalam industri telah mendorong banyak penelitian untuk memanfaatkan senyawa bahan alam sebagai bahan utama pengembangan teknologi ini. Salah satunya adalah pengembangan metode ekstraksi bahan bioaktif dari tanaman. Saat ini, penggunaan DES menjadi topik penelitian terkini sebagai salah satu alternatif pelarut ramah lingkungan. Perkembangan DES semakin berkembang, sampai pada penemuan NaDES yang sepenuhnya terbuat dari senyawa bahan alam yang umumnya berasal dari metabolit primer makhluk hidup. Namun demikian, penelitian mengenai NaDES harus terus dikembangkan, tak terkecuali pada industri hilir kelapa sawit. Dengan demikian, fokus penelitian selanjutnya

adalah menggunakan NaDES untuk mengekstraksi fitonutrien kelapa sawit secara selektif. Perkembangan teknologi terbaru ini nantinya akan menempatkan dua jenis basis NaDES (hidrofilik dan hidrofobik), sehingga pemisahan akan lebih selektif untuk senyawa tertentu, dan juga mempercepat waktu ekstraksi. Penelitian terkait teknologi ini akan terus dikembangkan untuk menghasilkan fitonutrien yang dapat digunakan pada industri pangan dan farmasi secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Abbott, A. P., Capper, G., Davies, D. L., Rasheed, R. K., & Tambyrajah, V. (2003). Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. *Chemical Communications*, (1), 70–71.

- <https://doi.org/10.1039/b210714g>
- Afshar Mogaddam, M. R., Farajzadeh, M. A., Azadmard Damirchi, S., & Nemati, M. (2020). Dispersive solid phase extraction combined with solidification of floating organic drop–liquid–liquid microextraction using in situ formation of deep eutectic solvent for extraction of phytosterols from edible oil samples. *Journal of Chromatography A*, 1630, 461523. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461523>
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8615–8627. <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>
- Chen, Y., Yu, D., Chen, W., Fu, L., & Mu, T. (2019). Water absorption by deep eutectic solvents. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 21(5), 2601–2610. <https://doi.org/10.1039/c8cp07383j>
- Dai, Y., van Spronsen, J., Witkamp, G. J., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2013). Natural deep eutectic solvents as new potential media for green technology. *Analytica Chimica Acta*, 766(2010), 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.12.019>
- Fernández, M. de los Á., Boiteux, J., Espino, M., Gomez, F. J. V., & Silva, M. F. (2018). Natural deep eutectic solvents-mediated extractions: The way forward for sustainable analytical developments. *Analytica Chimica Acta*, 1038, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.07.059>
- Florindo, C., Oliveira, F. S., Rebelo, L. P. N., Fernandes, A. M., & Marrucho, I. M. (2014). Insights into the synthesis and properties of deep eutectic solvents based on cholinium chloride and carboxylic acids. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2(10), 2416–2425. <https://doi.org/10.1021/sc500439w>
- Gesteiro, E., Guijarro, L., Sánchez-Muniz, F. J., Del Carmen Vidal-Carou, M., Troncoso, A., Venanci, L., ... González-Gross, M. (2019). Palm oil on the edge. *Nutrients*, 11(9), 1–36. <https://doi.org/10.3390/nu11092008>
- Hansen, B. B., Spittle, S., Chen, B., Poe, D., Zhang, Y., Klein, J. M., ... Sangoro, J. R. (2021). Deep Eutectic Solvents: A Review of Fundamentals and Applications. *Chemical Reviews*. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c00385>
- Hoe, B. C., Chan, E. S., Nagasundara Ramanan, R., & Ooi, C. W. (2020). Recent development and challenges in extraction of phytonutrients from palm oil. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 4031–4061. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12648>
- Khoo, K. S., Leong, H. Y., Chew, K. W., Lim, J. W., Ling, T. C., Show, P. L., & Yen, H. W. (2020). Liquid biphasic system: A recent bioseparation technology. *Processes*, 8(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/pr8020149>
- Lee, G. Y., & Han, S. N. (2018). The role of vitamin E in immunity. *Nutrients*, 10(11), 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu10111614>
- Lei, Z., Chen, B., Koo, Y. M., & Macfarlane, D. R. (2017). Introduction: Ionic Liquids. *Chemical Reviews*, 117(10), 6633–6635. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00246>
- Lewis, E. D., Meydani, S. N., & Wu, D. (2019). Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation. *IUBMB Life*, 71(4), 487–494. <https://doi.org/10.1002/iub.1976>
- Liu, Y., Friesen, J. B., McAlpine, J. B., Lankin, D. C., Chen, S. N., & Pauli, G. F. (2018). Natural Deep Eutectic Solvents: Properties, Applications, and Perspectives. *Journal of Natural Products*, 81(3), 679–690. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00945>
- Loganathan, R., Selvaduray, K. R., Radhakrishnan, A., & Nesaretnam, K. (2009). Palm Oil : Rich in Health Promoting Phytonutrients. *Palm Oil Development*, 50, 16–25.
- Mišan, A., Nađpal, J., Stupar, A., Pojić, M., Mandić, A., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2020). The perspectives of natural deep eutectic solvents in agri-food sector. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15), 2564–2592. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1650717>
- Mulia, K., Masanari, E., Zahrina, I., Susanto, B., & Krisanti, E. A. (2019). Optimization of palmitic

- acid extraction from palm oil with betaine-based natural deep eutectic solvent using response surface methodology. *AIP Conference Proceedings*, 2175.
<https://doi.org/10.1063/1.5134605>
- Paiva, A., Craveiro, R., Aroso, I., Martins, M., Reis, R. L., & Duarte, A. R. C. (2014). Natural deep eutectic solvents - Solvents for the 21st century. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2(5), 1063–1071.
<https://doi.org/10.1021/sc500096j>
- Paradiso, V. M., Clemente, A., Summo, C., Pasqualone, A., & Caponio, F. (2016). Towards green analysis of virgin olive oil phenolic compounds: Extraction by a natural deep eutectic solvent and direct spectrophotometric detection. *Food Chemistry*, 212, 43–47.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.082>
- Plechkova, N. V., & Seddon, K. R. (2008). Applications of ionic liquids in the chemical industry. *Chemical Society Reviews*, 37(1), 123–150.
<https://doi.org/10.1039/b006677j>
- Plotka-Wasyłka, J., de la Guardia, M., Andruch, V., & Vilková, M. (2020). Deep eutectic solvents vs ionic liquids: Similarities and differences. *Microchemical Journal*, 159(September).
<https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105539>
- Radošević, K., Ćurko, N., Gaurina Srček, V., Cvjetko Bubalo, M., Tomašević, M., Kovačević Ganić, K., & Radojčić Redovniković, I. (2016). Natural deep eutectic solvents as beneficial extractants for enhancement of plant extracts bioactivity. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 45–51.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.037>
- Rodriguez Rodriguez, N., Van Den Bruinhorst, A., Kollau, L. J. B. M., Kroon, M. C., & Binneman. (2019). Degradation of Deep-Eutectic Solvents Based on Choline Chloride and Carboxylic Acids. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(13), 11521–11528.
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01378>
- Tekin, Z., Unutkan, T., Erulaş, F., Bakirdere, E. G., & Bakirdere, S. (2020). A green, accurate and sensitive analytical method based on vortex assisted deep eutectic solvent-liquid phase microextraction for the determination of cobalt by slotted quartz tube flame atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 310(October).
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125825>
- Vanda, H., Dai, Y., Wilson, E. G., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2018). Green solvents from ionic liquids and deep eutectic solvents to natural deep eutectic solvents. *Comptes Rendus Chimie*, 21(6), 628–638.
<https://doi.org/10.1016/j.crci.2018.04.002>
- Ventura, S. P. M., E Silva, F. A., Quental, M. V., Mondal, D., Freire, M. G., & Coutinho, J. A. P. (2017). Ionic-Liquid-Mediated Extraction and Separation Processes for Bioactive Compounds: Past, Present, and Future Trends. *Chemical Reviews*, 117(10), 6984–7052.
<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00550>
- Wu, L., Li, L., Chen, S., Wang, L., & Lin, X. (2020). Deep eutectic solvent-based ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from *Moringa oleifera* L. leaves: Optimization, comparison and antioxidant activity. *Separation and Purification Technology*, 247(May), 117014.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117014>
- Xie, Q., Xia, M., Sun, D., Cao, J., Xiao, Y., Lin, M., ... Li, D. (2021). Deep eutectic solvent-based liquid-phase microextraction coupled with reversed-phase high-performance liquid chromatography for determination of α -, β -, γ -, and δ - tocopherol in edible oils. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 413(2), 577–584.
<https://doi.org/10.1007/s00216-020-03029-1>
- Yang, Q., Xing, H., Cao, Y., Su, B., Yang, Y., & Ren, Q. (2009). Selective separation of tocopherol homologues by liquid-liquid extraction using ionic liquids. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48(13), 6417–6422.
<https://doi.org/10.1021/ie801847e>
- Yue, Y., Huang, Q., Fu, Y., & Chang, J. (2020). A quick selection of natural deep eutectic solvents for the extraction of chlorogenic acid from herba

- artemisiae scopariae. *RSC Advances*, 10(39), 23403–23409.
<https://doi.org/10.1039/d0ra03786a>
- Zhao, B. Y., Xu, P., Yang, F. X., Wu, H., Zong, M. H., & Lou, W. Y. (2015). Biocompatible Deep Eutectic Solvents Based on Choline Chloride: Characterization and Application to the Extraction of Rutin from *Sophora japonica*. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 3(11), 2746–2755. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00619>