

MINYAK ATSIRI SEBAGAI *TEACHING MATERIAL* DALAM PROSES PEMBELAJARAN KIMIA

**Oleh:
Asep Kadarohman**

Abstrak

Minyak atsiri merupakan salah satu bahan ekspor non migas andalan Indonesia. Namun harga senyawa turunan minyak atsiri yang diimpor ke Indonesia jauh lebih mahal daripada harga minyak atsiri yang diekspor. Untuk mengatasi permasalahan tersebut pemerintah telah menetapkan penelitian bidang minyak atsiri merupakan topik penelitian unggulan saat ini. Minyak daun cengkeh, minyak sereh, minyak terpentin, minyak permen, minyak nilam, dan minyak akar wangi merupakan beberapa contoh minyak atsiri yang biasa ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Minyak atsiri awalnya digunakan sebagai bahan pewangi, parfum, obat-obatan, dan bahan aroma makanan. Dalam perkembangan sekarang hasil sintesis senyawa turunan minyak atsiri dapat digunakan sebagai feromon, aditif biodiesel, antioksidan, polimer, aromaterapi, penjerap logam, sun screen block dan banyak lagi kegunaan lainnya. Pendidikan merupakan salah satu media strategis yang dapat digunakan untuk mempercepat transfer ilmu. Penggunaan bahan lokal sebagai teaching material dengan pendekatan life skill banyak disarankan dalam proses pembelajaran kimia. Pada makalah ini akan dibahas konsep-konsep kimia minyak atsiri dan penerapannya dalam pembelajaran kimia, yang diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan terhadap pemanfaatan komponen senyawa minyak atsiri lebih lanjut. Ilmu kimia sebagai produk dan proses sains berimplikasi terhadap proses pembelajaran yang dikembangkan. Agar minyak atsiri dapat digunakan sebagai teaching material dalam proses pembelajaran kimia, maka kajian minyak atsiri harus memenuhi pada kedua kriteria tersebut. Pada pembahasan yang dilakukan ditemukan bahwa sebagai produk dan proses, minyak atsiri merupakan bahan dasar yang dapat digunakan untuk mendapatkan produk-produk yang lebih bermanfaat yang terus diteliti oleh para ahli kimia sampai saat ini. Banyak konsep kimia yang dapat dijelaskan dengan menggunakan minyak atsiri sebagai teaching material, seperti konsep isolasi, pemurnian, analisis, dan berbagai macam jenis reaksi. Berdasarkan temuan tersebut disimpulkan bahwa Kimia minyak atsiri mengandung konsep-konsep kimia yang dapat digunakan sebagai teaching material dalam proses pembelajaran kimia. Pembelajaran kimia dengan menggunakan contoh proses dan reaksi yang berhubungan dengan minyak atsiri akan meningkatkan kebermaknaan belajar.

I. PENDAHULUAN

Mengapa Portugis, Belanda, Inggris, dan Jepang tertarik untuk menjajah Indonesia? Salah satu alasan pada saat itu karena tanah Indonesia kaya akan berbagai jenis tanaman rempah-rempah. Kekayaan alam akan berbagai tanaman hayati, telah menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor rempah-rempah terbesar di dunia sampai sekarang disamping India dan Cina. Pemerintah mengakui rempah-rempah merupakan salah satu bahan ekspor non migas yang paling stabil dan sebagai salah satu penyumbang devisa negara cukup besar. Hal ini teruji pada saat krisis moneter tahun 1998 rempah-rempah merupakan komoditas ekspor Indonesia yang paling menguntungkan. Berdasarkan data tersebut Indonesia menjadikan rempah-rempah sebagai salah satu topik penelitian unggulan saat ini.

Minyak atsiri merupakan salah satu produk bahan rempah-rempah. Minyak atsiri lazim disebut minyak yang mudah menguap (*volatil oils*). Minyak atsiri umumnya berwujud cair, diperoleh dari bagian tanaman akar, kulit batang, daun, buah, biji atau bunga dengan cara destilasi uap, ekstraksi atau dipres (ditekan). Minyak sereh, minyak daun cengkeh, minyak akar wangi, minyak nilam, minyak kenanga, minyak kayu cendana merupakan beberapa bahan ekspor minyak atsiri Indonesia. Minyak atsiri awalnya digunakan sebagai bahan pewangi, parfum, obat-obatan, dan bahan aroma makanan. Dalam perkembangan sekarang hasil sintesis senyawa turunan minyak atsiri dapat digunakan sebagai feromon, aditif biodisel, antioksidan, polimer, aromaterapi, penjerap logam, sun screen block dan banyak lagi kegunaan lainnya.

Kemampuan untuk melakukan konversi komponen minyak atsiri menjadi menjadi senyawa-senyawa yang lebih berguna merupakan suatu hal penting yang mendesak sekarang. Hal ini disebabkan senyawa turunan minyak atsiri yang diimpor ke Indonesia harganya jauh lebih mahal daripada harga minyak atsiri yang diekspor oleh Indonesia (Sastrohamidjojo, 2000).

Pendidikan merupakan salah satu media strategis yang dapat digunakan untuk mempercepat transfer ilmu. Penggunaan bahan lokal sebagai teaching material dengan pendekatan life skill banyak disarankan dalam proses pembelajaran, yang diharapkan dapat meningkatkan ketertarikan peserta didik belajar dan proses pembelajaran

menjadi lebih bermakna. Berdasarkan penelusuran pustaka terhadap berbagai bahan ajar ilmu kimia, sangat sedikit yang menyinggung minyak atsiri sebagai teaching material. Oleh karena itu permasalahan yang ingin diungkap pada makalah ini dapatkah minyak atsiri digunakan sebagai salah satu *teaching material* dalam proses pembelajaran kimia.

II. TUJUAN

Tujuan penulisan ini adalah mempelajari konsep-konsep kimia minyak atsiri dan penerapannya dalam pembelajaran kimia

III. TINJAUAN PUSTAKA

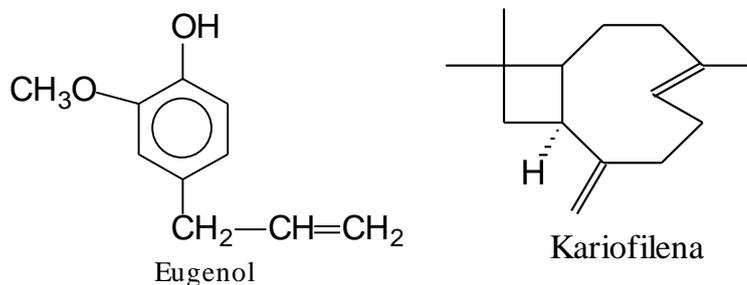
A. Minyak atsiri

Minyak atsiri adalah minyak yang mudah menguap pada temperatur kamar tanpa mengalami dekomposisi ((Doyle dan Mungall, 1980), tetapi minyak atsiri dapat rusak karena penyimpanan jika minyak atsiri dibiarkan lama. Minyak atsiri akan mengabsorpsi oksigen dari udara sehingga akan berubah warna, aroma, dan kekentalan sehingga sifat kimia minyak atsiri tersebut akan berubah (Ketaren, 1985). Minyak atsiri tidak larut dalam air, larut dalam pelarut organik, dan berbau harum sesuai dengan tanaman penghasilnya.

Minyak atsiri secara umum dibagi menjadi dua kelompok. Pertama, minyak atsiri yang senyawa komponen penyusunnya sukar untuk dipisahkan, seperti minyak nilam dan minyak akar wangi. Minyak atsiri kelompok ini lazimnya langsung digunakan tanpa diisolasi komponen-komponen penyusunnya sebagai pewangi berbagai produk. Kedua, minyak atsiri yang komponen-komponen senyawa penyusunnya dapat dengan mudah dipisahkan menjadi senyawa murni, seperti minyak sereh, minyak daun cengkeh, minyak permen dan minyak terpentin. Senyawa murni hasil pemisahan biasanya digunakan sebagai bahan dasar untuk diproses menjadi produk yang lebih berguna.

1. Minyak daun cengkeh

Minyak daun cengkeh diperoleh dari hasil distilasi uap daun pohon cengkeh (*Eugenia Caryophyllata* Thunberg) yang telah gugur. Dalam kehidupan sehari-hari minyak daun cengkeh banyak digunakan sebagai bahan penyedap makanan, kosmetik, parfum, obat-obatan, dan pestisida nabati. Eugenol dan kariofilena merupakan senyawa utama penyusun utama minyak daun cengkeh.



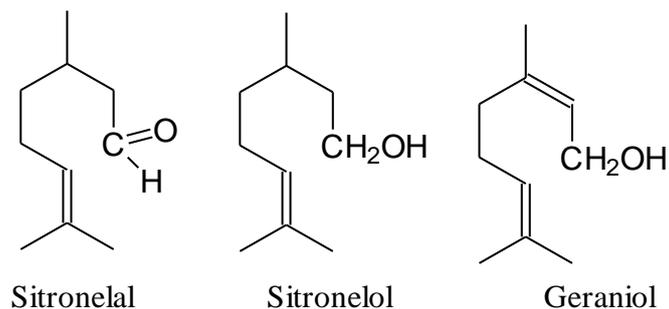
Eugenol dengan kadar sekitar 80% merupakan bahan dasar yang dapat digunakan untuk mensintesis vanilin sebagai flavour makanan, isoeugenol dan benzil isoeugenol sebagai bahan parfum (Sastrohamidjojo, 1981); metil eugenol dan 1,2-dimetoksi-4-propilbenzena sebagai feromon lalat buah jantan *Dacus dorsalis* Hendel (Anwar, 1994 dan Demilo, *et al.*, 1994); α -metildopa, sebagai obat parkinson (Anwar, 1994).

Kariofilena merupakan komponen kedua terbanyak dalam minyak daun cengkeh dengan kadar sekitar 10%, mempunyai banyak kegunaan baik secara langsung maupun senyawa turunannya. Kariofilena asetat digunakan sebagai bahan kosmetik dan parfum (Opdyke, 1974); kariofilena alkohol digunakan sebagai bahan untuk membuat parfum berbau kayu (Mussinani *et al.*, 1980); kariofilena alkohol digunakan untuk menarik atau memikat *Collops vittatus* jantan, kumbang ladang kapas di Arizona (Flint *et al.*, 1981); tetrahidrokariofilenon merupakan penyusun bahan kosmetik (Brunke dan Rojahn, 1989); kerangka kariofilena diduga dapat digunakan sebagai bahan awal untuk membuat beberapa seskuiterpena trisiklik yang merupakan bahan anti biotik *Punctatin A, D, E, dan F* (Abraham *et al.*, 1990); kariofilena minyak cengkeh merupakan anti karsinogenik yang penting (Zheng *et al.*, 1992); campuran

kariofilena dengan indol efektif untuk membunuh *Streptococcus mutans*, bakteri penyebab karies gigi (Muroi dan Kubo, 1993); kariofilena sangat baik untuk membunuh *Propionibacterium acnes*, bakteri *gram-positive* yang sangat efektif (Muroi *et al.*, 1993 dan Kubo *et al.* 1994); campuran epoksida kariofilena dengan epoksida humelena merupakan insektisida biologi (Tahid dan Connolly, 1994); serta metoksi klovanol (turunan kariofilena) merupakan penghambat tumbuhnya tanaman patogen *Botrytis cinerea* (Collado, *et al.*, 1997).

2. Minyak sereh

Minyak sereh merupakan minyak atsiri yang diperoleh dengan cara distilasi uap daun tanaman sereh. Dalam perdagangan dikenal dua tipe minyak sereh, yaitu tipe Ceylon dan tipe Jawa. Minyak sereh tipe Ceylon diperoleh dari distilasi daun *Cymbopogon nardus* Rendle atau Lenabatu, sedangkan minyak sereh tipe Jawa diperoleh dari *Cymbopogon winterianus* Jowitt atau Mahapengiri. Minyak daun sereh dalam kehidupan sehari-hari dapat digunakan untuk menolak serangga, seperti nyamuk dan semut. Wijesekara (1973) mengemukakan senyawa utama penyusun minyak sereh adalah sitronelal, sitronelol, dan geraniol. Gabungan ketiga komponen utama minyak sereh dikenal sebagai total senyawa yang dapat diasetilasi. Ketiga komponen ini menentukan intensitas bau harum, nilai dan harga minyak sereh. Menurut standar pasar internasional, kandungan sitronelal dan jumlah total alkohol masing-masing harus lebih tinggi dari 35%.



Sitronelol dan geraniol (biasa disebut rodinol), serta ester geraniol dan ester sitronelol banyak digunakan sebagai bahan pengharum ruangan, tisu, sabun, dan kosmetik. Oleh karena itu salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan

nilai ekonomis minyak sereh yaitu dengan meningkatkan kadar rodinol yang terkandung dalam minyak sereh yang selanjutnya diubah menjadi senyawa ester dengan berbagai asam karboksilat. Sidique, *et al.* (1975) mengemukakan minyak sereh tipe Jawa mengandung rodinol antara 25-30%, sedangkan menurut Hieronymus (1991) kandungannya dapat mencapai 45%. Devakumar, *et al.* (1977) mengemukakan kegunaan berbagai ester sitronelol dan geraniol turunan dari minyak daun sereh, seperti disajikan pada tabel 1.

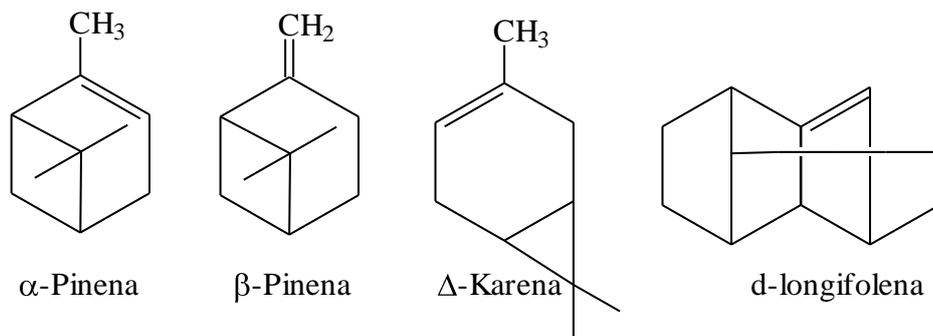
Tabel 1. Kegunaan berbagai senyawa sitronelil ester dan geraniol ester

No.	Senyawa ester	Kegunaan
1.	Sitronelil format	dalam colognet, lavender, dan perencah madu
	Geraniol format	digunakan hampir pada semua parfum
2.	Sitronelil asetat	dengan bau bergamot, digunakan dalam perencah mawar dan anggur
	Geraniol asetat	pengharum toilet dan perencah berbagai buah-buahan
3.	Sitronelil propionat	dengan bau buah, digunakan dalam pewangi bunga mawar (floral)
	Geraniol propionat	dalam pewangi bunga (floral)
4.	Sitronelil butirir	dalam perencah nanas dan campuran pewangi
	Geraniol butirir	untuk menghasilkan kesan manis dengan nuansa lemah dalam pewangi
5.	Sitronelil valerinat	dalam pewangi bunga mawar
	Geraniol valerinat	sebagai pemodifikasi dalam pembuatan pewangi
6.	Sitronelil isobutirat	dalam parfum berbau tumbuhan
	Geraniol isobutirat	untuk menghasilkan kesan manis dengan nuansa lemah dalam pewangi

3. Minyak terpentin

Minyak terpentin berasal dari hasil penyulingan getah jenis pohon yang tergolong dalam genus pinus. Di Indonesia jenis pohon pinus penghasil minyak terpentin hampir seluruhnya berasal dari pinus *merkusii Jungh et de Vr.* Minyak terpentin tersusun dari 70-85% α -pinena, dan sisanya terdiri β -pinena, Δ -karena dan d-

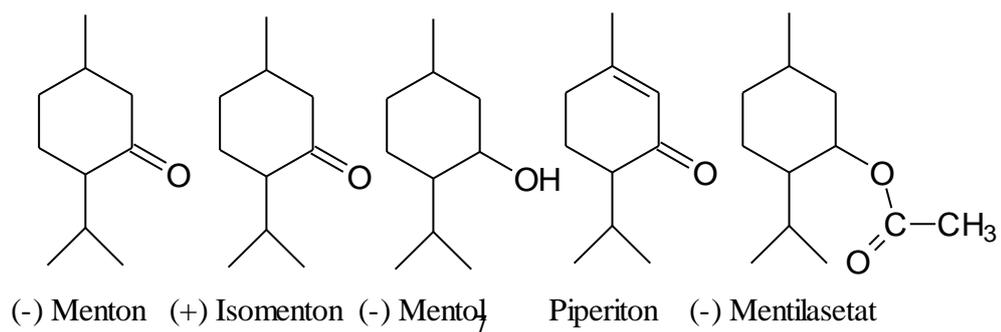
longifolena. Minyak terpenin umumnya digunakan sebagai pelarut (thiner/pengencer) dalam industri cat, pernis, industri perekat dan lilin. Dalam industri kimia dan farmasi minyak terpenin digunakan sebagai bahan dasar dalam sintesis kamper, terpineol dan terpenil asetat.



4. Minyak permen

Berbeda dengan ketiga minyak atsiri yang dibahas di atas, yang merupakan bahan ekspor Indonesia, minyak permen bukan merupakan bahan ekspor tetapi merupakan bahan impor yang masuk ke Indonesia. Padahal tumbuhan *Mentha arvensis* dapat tumbuh subur di Indonesia. Kebutuhan akan minyak permen Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat, baik berupa mentol maupun senyawa turunannya. Dalam kehidupan sehari-hari banyaknya ragam bahan yang menggunakan mentol, baik sebagai bahan utama maupun sebagai bahan aditif, seperti pada obat-obatan, makanan, kosmetik, pasta gigi, sampo, dll.

Minyak permen diperoleh dari hasil distilasi uap tumbuhan *Mentha arvensis*. Sastrohamidjojo (1981) mengemukakan (-) mentol merupakan senyawa penyusun utama minyak permen dengan kadar antara 53-78 %. Selain mentol minyak permen juga mengandung beberapa senyawa yang mempunyai struktur mirip dengan (-) mentol seperti (-) menton, (+) isomenton, piperiton, dan (-) mentil asetat.



B. Isolasi minyak atsiri

Isolasi minyak atsiri dari tanaman umumnya dilakukan dengan distilasi uap. Pemisahan komponen minyak atsiri dapat dilakukan secara fisika dan secara kimia.

1. Pemisahan secara fisika

Pemisahan senyawa komponen penyusun minyak atsiri secara fisika biasanya dilakukan dengan distilasi bertingkat (FD) untuk senyawa yang memiliki berat molekul rendah dan distilasi molekular (MD) untuk senyawa yang memiliki berat molekul besar. Pemisahan komponen minyak sereh akan baik dilakukan dengan distilasi bertingkat, tetapi pemisahan komponen minyak nilam akan lebih baik dilakukan dengan distilasi molekular. Distilasi yang dilakukan dalam umumnya dalam keadaan vakum. Hal ini dikerjakan untuk menghindari terjadinya isomerisasi, polimerisasi, atau peruraian karena panas.

2. Pemisahan secara kimia

Pemisahan secara kimia dilakukan berdasarkan reaksi kimia. Contoh, isolasi eugenol dari komponen lain yang terdapat dalam minyak daun cengkeh dengan menggunakan larutan natrium hidroksida. Isolasi sitronelal dari komponen lain dalam minyak sereh dengan menggunakan larutan jenuh natrium bisulfit.

C. Proses pembelajaran kimia

Ada dua hal yang diharapkan tersampaikan dalam proses pembelajaran sains yaitu pengalaman belajar yang mencakup konsep dan proses sains, sehingga peserta didik, i) tanggap secara cepat terhadap isu lokal, nasional, dan dunia baik dalam bidang sosial, ekonomi, lingkungan dan etika; ii) dapat menilai secara kritis perkembangan dalam bidang sains dan teknologi serta dampaknya; iii) memberi sumbangan terhadap kelangsungan perkembangan sains dan teknologi; dan iv) membuat pilihan yang tepat untuk karirnya.

Ilmu kimia merupakan ilmu yang diperoleh dan dikembangkan berdasarkan eksperimen yang mencari jawaban atas pertanyaan apa, mengapa, dan bagaimana

gejala-gejala alam; khususnya yang berkaitan dengan komposisi, struktur dan sifat, transformasi, dinamika, dan energetika zat. Oleh karena itu proses pembelajaran kimia diarahkan untuk mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, transformasi, dinamika dan energetika zat yang melibatkan keterampilan dan penalaran. Ilmu Kimia merupakan produk (pengetahuan kimia) temuan saintis dan proses (kerja ilmiah). Oleh karena itu dalam penilaian dan pembelajaran kimia harus memperhatikan karakteristik ilmu kimia sebagai produk dan proses.

IV. PEMBAHASAN

Dikemukakan pada tinjauan pustaka, bahwa ilmu kimia merupakan produk dan proses. Kedua komponen tersebut tidak dapat terpisahkan satu dengan yang lainnya. Untuk dapat minyak atsiri digunakan sebagai *teaching material* dalam proses pembelajaran kimia, maka kajian minyak atsiri harus memenuhi pada kedua kriteria tersebut.

Sebagai produk dan proses, minyak atsiri merupakan bahan dasar yang dapat digunakan untuk mendapatkan produk-produk yang lebih bermanfaat yang terus diteliti oleh para ahli kimia sampai saat ini. Beberapa konsep yang sangat berkaitan dengan minyak atsiri:

A. Isolasi

Distilasi uap, ekstraksi dengan menggunakan sokhlet dan maserasi merupakan merupakan teknik isolasi yang perlu dipahami oleh para pembelajar kimia. Destilasi uap merupakan proses yang umum dilakukan dalam isolasi minyak atsiri dari tanaman. Minyak daun cengkeh, minyak sereh, dan minyak permen merupakan contoh produk distilasi uap. Ekstraksi dengan teknik sokhlet dan maserasi banyak dilakukan untuk mendapatkan flavor yang terdapat dalam coklat, vanilin, dan cabe

B. Pemurnian

Untuk mendapatkan senyawa murni dari hasil isolasi untuk zat cair dilakukan dengan distilasi fraksinasi. Metoda ini merupakan metoda utama dalam pemurnian senyawa penyusun minyak atsiri, seperti pemurnian eugenol dan sitronelal. Rekristalisasi untuk pemurnian zat padat juga banyak dilakukan seperti pada pemurnian mentol.

C. Analisis

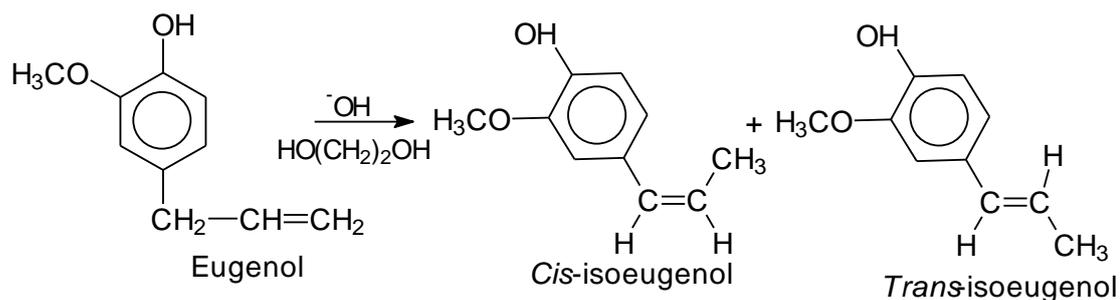
Dalam identifikasi senyawa penyusun minyak atsiri banyak menggunakan teknis analisis, seperti kromatografi, spektrofotometer UV-VIS dan infra merah, spektrometer resonansi magnetik inti, dan spektra massa. Spektrometeri serapan atom juga sering digunakan untuk mengetahui kadar logam yang terdapat dalam minyak atsiri. Selain peralatan canggih tersebut, beberapa teknik analisis sederhana juga sering dilakukan seperti penentuan berat jenis, indeks bias dan rotasi putaran optik.

D. Reaksi

Banyak reaksi kimia minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai contoh dalam proses pembelajaran kimia, yang jumlahnya terus berkembang sejalan dengan perkembangan penelitian terhadap senyawa-senyawa turunan minyak atsiri. Berikut akan dikemukakan beberapa reaksi yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran kimia.

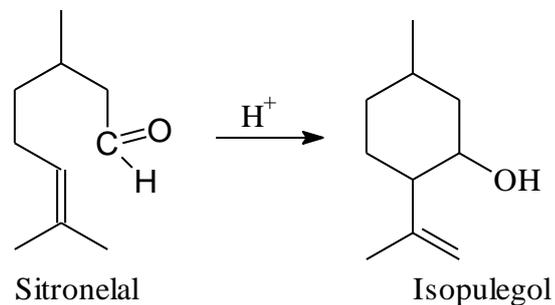
1. Reaksi isomerisasi

Isoeugenol merupakan bahan antara pada pembuatan produk seperti parfum (benzil isoeugenol) dan vanilin dapat dibuat melalui reaksi isomerisasi eugenol.



Penggunaan contoh reaksi isomerisasi eugenol selain dapat menjelaskan konsep keisomeran, juga digunakan untuk menjelaskan konsep kontrol reaksi dan kinetika reaksi kompleks, yang umumnya contoh reaksi dalam proses pembelajaran sangat abstrak.

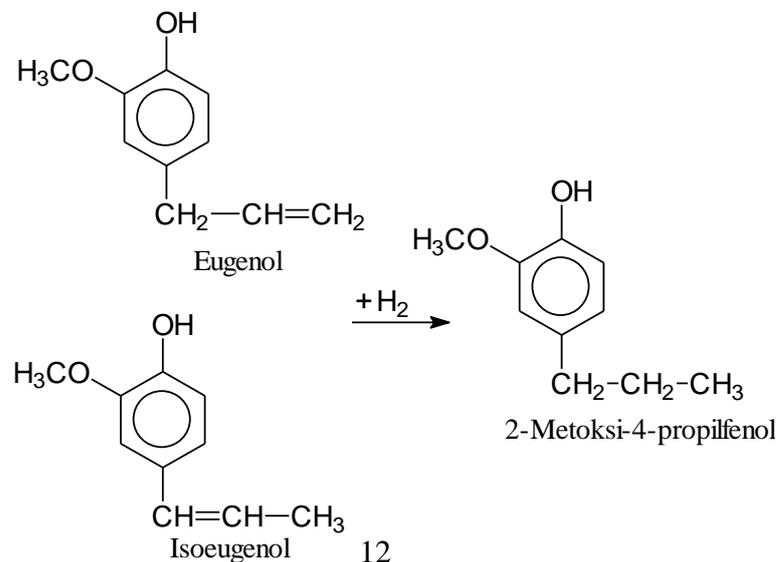
Contoh lain reaksi untuk menjelaskan konsep isomerisasi, yaitu siklisasi sitronelal menjadi isopulegol (bahan dasar untuk membuat mentol)



2. Reaksi hidrogenasi

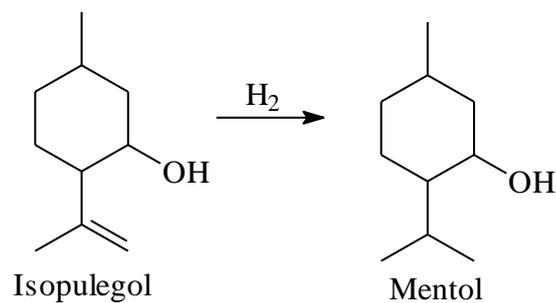
Ada dua konsep penting dalam reaksi hidrogenasi, yaitu reaksi yang melibatkan pemutusan homolitik (radikal) dan reaksi yang melibatkan pemutusan heterolitik. Banyak contoh reaksi minyak atsiri yang melibatkan kedua contoh reaksi tersebut.

2-Metoksi-4-propilfenol merupakan bahan ekspor yang harganya lebih mahal daripada eugenol, yang dapat dikonversi baik dari eugenol maupun dari isoeugenol melalui reaksi hidrogenasi menggunakan katalis logam.

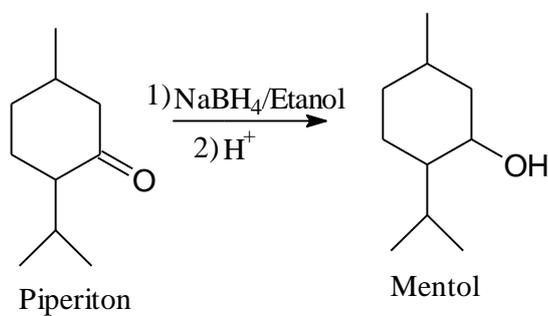
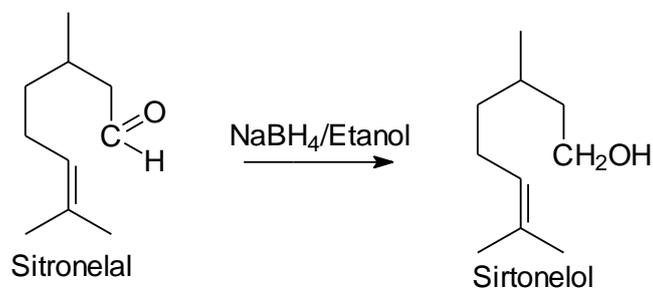


Berdasarkan sifat zat yang direaksikan, maka dapat dengan mudah dipahami bahwa reaksi hidrogenasi akan lebih mudah berlangsung apabila digunakan bahan dasar eugenol.

Reaksi lain yang melibatkan contoh reaksi hidrogenasi dengan gas H_2 katalis logam adalah reaksi pembuatan mentol dari isopulegol.

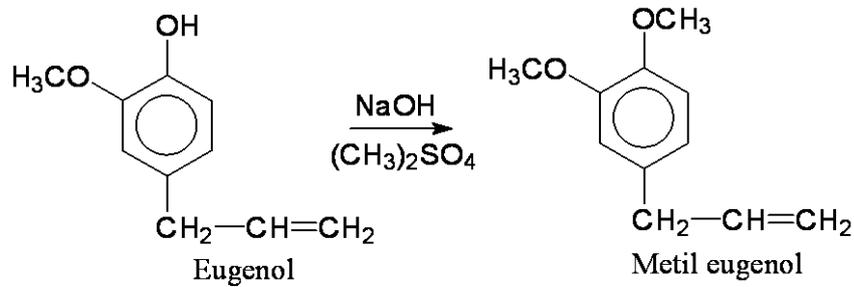


Untuk menjelaskan reaksi hidrogenasi yang melibatkan pemutusan heterolitik dapat digunakan contoh perubahan sitronelal menjadi sitronelol dan piperiton menjadi mentol



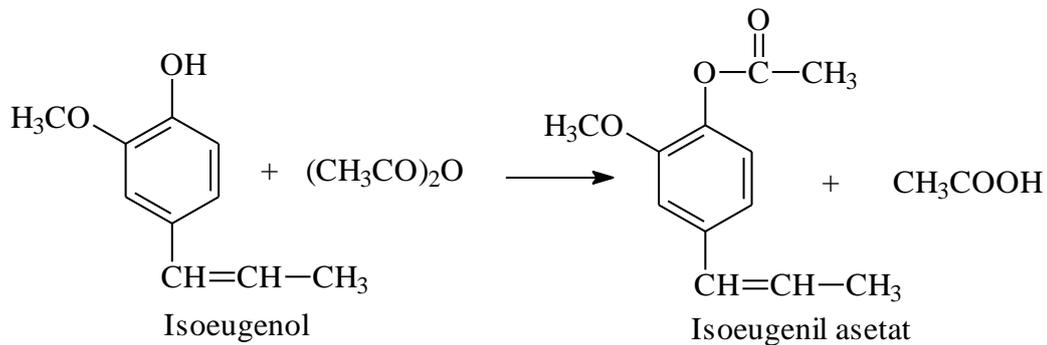
3. Reaksi metilasi

Metil eugenol merupakan feromon lalat buah jantan yang dapat dengan mudah dibuat dari eugenol



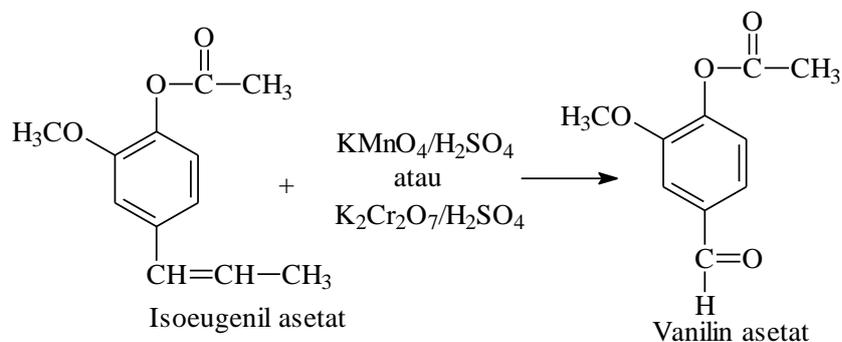
4. Reaksi esterifikasi

Pada pembuatan vanilin dari isoeugenol, sebelum dioksidasi gugus OH pada isoeugenol perlu dilindungi terlebih dahulu dengan cara dibuat gugus ester membentuk isoeugenil asetat.



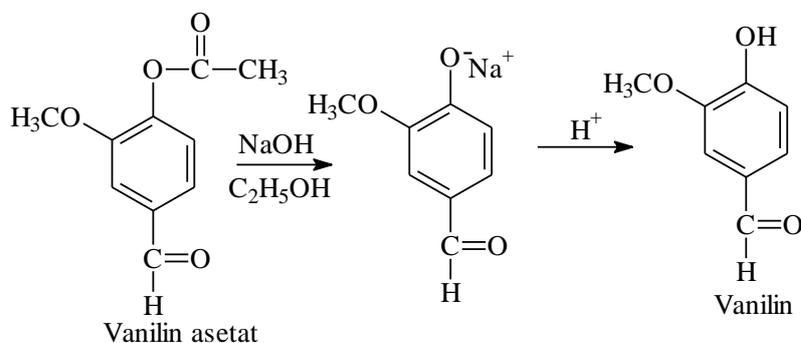
5. Reaksi oksidasi

Isoeugenil asetat dioksidasi membentuk vanilin asetat



6. Reaksi hidrolisis

Sebagai tahap akhir pada pembuatan vanilin, yaitu hidrolisis vanilin asetat menjadi vanilin.



V. KESIMPULAN

Berdasarkan masalah, tujuan dan pembahasan disimpulkan bahwa

1. Kimia minyak atsiri mengandung konsep-konsep kimia yang dapat digunakan sebagai *teaching material* dalam proses pembelajaran kimia
2. Pembelajaran kimia dengan menggunakan contoh proses dan reaksi yang berhubungan dengan minyak atsiri akan meningkatkan kebermaknaan belajar

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, Wolf-Rainer, Ernst, L., and Stumpf, B., 1990, "Biotransformation of Caryophyllene by *Diplodia gossypina*", *Phytochemistry*, 29, 115-120.
- Anwar, C., 1994, *The Conversion Of Eugenol Into More Valuable Substances*, Dissertation, Gadjah Mada University, Yogyakarta
- Brunke, E.J. and Rojahn, W., 1989, "Perfumed Containing Tetrahydrocaryphyllenon", *Ger. Offen. DE*, 3, 639, 230, lihat *Chem. Abstr.*, 110, 179-895.
- Collado, I.G., Hamson, J.R., Hitchcock, and Macias-Sanchez, A.J., 1997, "Stereochemistry of Epoxidation of Some Caryophyllene", *J. Org. Chem.*, 62, 1965-1969.
- Demilo, A.B., Cunningham, R.T., and McGovern, T.P., 1994, "Structural of Methyl Eugenol and Their Attractiveness to the Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae)", *J. Econ. Entomol.*, 87, 957-964.

- Devakumar, C., Narayan, M.R., and Khan, M.N.A., 1977, "Synthetic Product From Oil of Citronella", *Indian Perfumer*, XXI, 3, 139-145
- Doyle, M.P. and Mungall, W.S., 1980, *Experimental Organic Chemistry*, John Wiley & Sons, New York
- Flint, H.M., Merkle, J.R., and Sledge, M., 1981, "Attraction of Male Collops Vittatus in the Field by Caryophyllene Alcohol", *Chem. Abstr.*, 86, 129873c.
- Hieronymus, 1991, *Sereh Wangi Bertanam dan Penyulingan*, Kanisius, Yogyakarta
- Ketaren, 1985, *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*, Balai Pustaka, Jakarta
- Kubo, I, Muroi, H., and Kubo, A., 1994, "Naturally Occurring Antiacne Agents", *J. Nat. Prod.*, 57, 9-17.
- Muroi, H. and Kubo, I., 1993, "Combination Effects of Antibacterial Compounds in Green Tea Flavour Against *Streptococcus Mutans*", *J. Agric. Food Chem.*, 41, 1102-1105.
- Muroi, H., Kubo, A. and Kubo, I., 1993, "Antimicrobial Activity of Cashew Apple Flavor Compounds", *J. Agric. Food Chem.*, 41, 1106-1109.
- Mussinán, C.T., Mookherjee, B.D., Vock, M.H., Vinals, J.F., Kiwala, J., and Schmitt, F.L., 1980, "Preparation of a caryophyllene Alcohol Mixture", *U. S. Pat.*, 4,229,599.
- Opdyke, D.L.J., 1974, "Monographs on Fragrance Raw Materials Caryophyllene Acetate", *Food Cosmet. Toxicol.*, 12, 841, Lihat *Chem. Abstr.*, 86, 364.
- Sastrohamidjojo, H., 1981, *A Study of Some Indonesian Essential Oils*, Disertasi, FMIPA UGM, Yogyakarta
- _____, 2000, *The Prospect of Indonesian Essential Oils*, FMIPA UGM, Yogyakarta, 1-25.
- Siddiqui, M.S., Sen, T., Migan, M.C., and Datta, C., 1975, "Isolation of Alcoholic Constituents of the Oil of Citronella (Java) by Sodium Complex Method", *Parfumeric and Cosmetic*, 56, 194-195
- Tahid and Connolly, J.D., 1994, "Computer-Assisted Structure Elucidation of Humelene Epoxide and Caryophyllene Epoxide Mixture of *Turraea Brownii*", *JKTI*, 4, 45-47.
- Wijesekara, R.O.B., 1973, "The Chemical Composition and Analysis of Citronella Oils", *Journal of the National Science Council of Srilanka*, 1, 67-81
- Zheng, G.Q., Kenney, P.M. and Lam, L.K.T., 1992, "Sesquiterpenes from Clove (*Eugenia caryophyllata*) as Potential Anticarcinogenic Agents", *J. Nat. Prod.*, 55, 999-1003.

