**EKSTRAKSI LILIN DAUN PINUS DENGAN TEKNOLOGI
SUPERKRITIKALFLUIDA CO₂**
(*Extraction of pine needles' waxes by using supercritical fluid CO₂
technology*)

Oleh/By :

Bambang Wiyono

Summary

The objectives of this research is to study the influence of flushing activities on crude waxes yield, and to study the extraction of waxes from pine needles by using supercritical fluid CO₂ technology. The extraction was carried out at an 40°C extraction temperature and at various extraction pressures, consisting of 9,14,24 and 30 MPa. Crude waxes were precipitated in the first cold trap at 6-7 MPa intermediate pressure and 0°C, and the rest of it was precipitated in the second cold trap at an 0,1 MPa with a similar temperature. After extraction, it was always followed by flushing activities through two steps to get waxes which still remained in the valves and or in the line on the system. First flushing was performed with supercritical fluid extraction without any sample in the extraction cell. The second flushing was conducted with a chloroform solvent. Pure waxes of were purified and analysed by using High Performance Liquid Chromatography (HPLC).

Results indicated that the flushing activities with supercritical fluid extraction without any sample in the extraction cell followed by a chloroform solvent had a great effect on crude waxes yield. At a 30 MPa extraction pressure and at an 40°C extraction temperature, supercritical fluid extraction with flushing gave crude wax yield four time greater than the crude waxes yield obtained by supercritical fluid extraction without any flushing, even to the crude waxes yield from the chloroform solvent extraction. The increase in extraction pressure caused an increase in crude waxes, both obtained from the first and the second cold traps. Moreover, HPLC analysis of pure waxes revealed that the elution of pure waxes took 3.70 - 3.90 minutes. It was also shown that an increase in extraction pressure led to an increase in pure waxes.

I. PENDAHULUAN

Teknologi ekstraksi superkritikal fluida merupakan salah satu metode pemisahan senyawa ekstraktif berdasarkan perbedaan sifatnya. Teknologi ekstraksi ini dilakukan pada suhu yang relatif rendah, sehingga cocok digunakan dalam pemisahan dan pemurnian senyawa organik seperti parfum, lemak dan rempah-rempah (Saito, *et al.*, 1993). Teknologi ini juga mempunyai kelebihan lain yang tidak dapat dicapai oleh metode ekstraksi secara konvensional (Riekola dan Manninen, 1993). Kelebihan ini antara lain selektivitas ekstraksi dapat dipilih dengan merubah tekanan dan suhu

ekstraksi (Hills, 1993), tidak memerlukan konsentrasi pelarut (Snyder, 1993), pelarut dapat mudah dipisahkan dari ekstrak (Stahl, *et al.*, 1988), dapat digunakan untuk mengekstraksi senyawa yang rawan terhadap panas karena teknologi ini dapat dilakukan pada suhu kamar (Knez dan Steiner, 1992), dan fraksionasi dengan mudah dapat dilakukan dengan cara merubah daya larut ekstrak pada tahap awal atau akhir ekstraksi tanpa penambahan bahan kimia lainnya (Stahl, *et al.*, 1988).

Lilin yang dapat diekstraksi dari daun tumbuhan berkisar antara 0,1 - 0,9 % tergantung pada jenis tumbuhan, pelarut organik atau teknologi ekstraksi yang digunakan. Dengan pelarut n-heksana, sekitar 0,4 - 0,9 % rendemen lilin dapat diekstraksi dari genus Gramineae (Tulloch, 1980), sedangkan dengan menggunakan pelarut kloroform, sekitar 0,2 - 0,3% lilin dapat diekstraksi dari daun pinus (Franich *et al.*, 1978). Penelitian ekstraksi lilin dari berbagai kelas umur daun pinus dan berbagai jenis pelarut organik telah dilakukan untuk mengetahui umur daun dan jenis pelarut yang terbaik dalam mengekstraksi lilin. Umur daun pinus yang terbaik digunakan sebagai bahan baku dalam ekstraksi dengan metode superkritikal fluida, sedangkan pelarut yang terbaik digunakan sebagai pembilas dalam metode tersebut. Dengan pelarut kloroform, yang merupakan pelarut terbaik dalam mengekstraksi lilin, dari daun pinus umur campuran dihasilkan rendemen lilin yang sama dengan rendemen lilin yang dihasilkan dari umur pinus 2 tahun atau lebih, sekitar 0,40 %. Dengan teknologi superkritikal fluida, pada suhu ekstraksi 40°C dan tekanan 30 MPa, dari daun pinus umur campuran diperoleh lilin sekitar 0,35 % (Wiyono, 1994; Wiyono, 1995). Namun demikian rendemen yang diperoleh ini belum optimum, karena sebagian lilin yang diekstraksi diendapkan di katup atau di sepanjang pipa dalam sistem, sehingga hal ini mengakibatkan meningkatnya rendemen lilin yang dihasilkan pada ekstraksi yang berikutnya. Permasalahan ini dapat diatasi dengan jalan dilakukan pembilasan dengan pelarut kloroform disepanjang pipa dan katup pada sistem ekstraksi untuk melarutkan lilin yang ada di dalamnya. Selanjutnya dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembilasan terhadap rendemen lilin yang dihasilkan. Disamping itu untuk mengetahui pengaruh peningkatan tekanan ekstraksi pada teknologi superkritikal fluida terhadap lilin murni yang dihasilkan. Untuk mengetahui lilin murni ini, lilin kasar hasil ekstraksi teknologi superkritikal fluida dianalisis dengan metode kromatografi cairan kinerja tinggi (HPLC). Sedangkan sasarannya adalah untuk mengetahui tekanan ekstraksi yang menghasilkan rendemen lilin murni yang terbaik.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan baku penelitian ini berupa daun *Pinus radiata* D. Don yang diperoleh dari salah satu perusahaan perkayuan di daerah Burnham, Canterbury, Selandia Baru. Daun pinus dimasukkan ke dalam kantung plastik dan di bawa ke laboratorium. setelah pangkal pembungkus daun dibuang, daun pinus dipotong menjadi 2-3 bagian dan dimasukkan ke dalam wadah plastik dan disimpan di lemari es pada suhu 0°C untuk menjaga kesegarannya sebelum dilakukan ekstraksi.

B. Metode

1. Ekstraksi dengan Teknologi superkritikal Fluida CO₂

Teknologi superkritikal fluida CO₂ yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti metode yang digunakan dalam penelitian terdahulu (Wiyono, 1994). Pada prinsipnya dalam teknologi ini lilin daun pinus diekstraksi pada suhu 40°C dengan berbagai variasi tekanan ekstraksi dari 9, 14, 24 dan 30 MPa, tanpa ulangan. Ekstraksi lilin dari daun pinus dimulai pada tekanan ekstraksi 9 MPa, suhu ekstraksi 40°C selama 30 menit, dimana kecepatan alir superkritikal fluida CO₂ dipertahankan pada skala 7. Lilin diendapkan dengan jalan menurunkan tekanan ekstraksi pada perangkat dingin pertama menjadi 6-7 MPa pada suhu 0°C, dan pada perangkat dingin kedua dimana tekanan diturunkan lagi menjadi 0,1 MPa pada suhu yang sama. Setiap ekstraksi selalu diikuti pembilasan lilin yang terendapkan di katup dan di sepanjang pipa yang ada pada sistem. Pembilasan yang dilakukan ada dua tahap. Tahap pertama dibilas dengan cara dilakukan ekstraksi dengan teknologi superkritikal fluida CO₂ selama 1 jam pada tekanan 30 MPa dan suhu 72°C, dimana di dalam sel ekstraksi tidak ada contoh sampel. Pemilihan kondisi ini didasarkan pada percobaan terdahulu yang menyebutkan pada kondisi tersebut dapat melarutkan lilin dengan baik (Wiyono, 1995). Tahap berikutnya pipa dan katup pada sistem dibilas dengan kloroform sampai kloroform yang keluar dari pipa berubah dari warna kuning menjadi jernih. Kemudian masing-masing lilin dari perangkat dingin pertama dan perangkat dingin kedua disatukan dan dipindahkan ke botol contoh, kemudian diuapkan dengan menggunakan oven secara vakum selama 24 jam. Setelah itu dihitung rendemen lilin dari masing-masing perangkat dingin yang sama dihasilkannya. Prosedur yang sama dilakukan untuk tekanan ekstraksi 14, 24 dan 30 MPa.

2. Analisis Lilin Murni dengan Metode Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi (HPLC)

Sistem HPLC yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti sistem kromatografi yang digunakan dalam penelitian terdahulu (Wiyono, 1995). Kolom yang digunakan adalah Brownlee kolom RP-18, menggunakan metode isokratik, dilakukan pada suhu kamar, fase bergerak 100 % asetonitril, menggunakan UV detektor pada panjang gelombang 226 nm, dan sensitivitasnya 0,5 AUFS.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian ini menunjukkan bahwa kegiatan pembilasan lilin yang mengendap di katup dan atau sepanjang pipa pada sistem memberikan hasil yang sangat nyata. Pada kondisi suhu ekstraksi 40°C dan tekanan ekstraksi 30 MPa yang disertai dengan pembilasan menghasilkan rendemen lilin (0,92 %) 4 kali lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu pada kondisi yang sama tetapi tidak diikuti dengan pembilasan, yaitu hanya menghasilkan rendemen lilin 0,24 % (Wiyono, 1994). Rendemen lilin hasil penelitian ini masih lebih besar jika dibandingkan dengan rendemen lilin yang diperoleh dari ekstraksi dengan pelarut kloroform (Wiyono, 1995). Dari kenyataan ini terlihat bahwa ekstraksi dengan teknologi superkritikal fluida CO₂ lebih baik dalam meng-ekstraksi lilin dibandingkan dengan pelarut organik.

Tabel 1. Hasil ekstraksi lilin dengan teknologi superkritikal fluida CO₂ pada beberapa tingkat tekanan ekstraksi
Table 1. Result of supercritical fluida CO₂ extraction of waxes at various extraction pressures

Rendemen lilin (Supercritical extracted waxes yield), %	Tekanan ekstraksi (Extraction pressure), MPa			
	9	14	24	30
Lilin dari (Wax from), CT I ^a	0.07	0.14	0.17	0.26
Lilin dari (Wax from), CT II ^a	0.07	0.13	0.11	0.15
Total lilin (Wax total), ^a	0.14	0.27	0.28	0.41
Lilin dari (Wax from), CT I ^b	0.17	0.30	0.36	0.59
Lilin dari (Wax from), CT II ^b	0.17	0.29	0.26	0.33
Lilin dari (Wax total), ^b	0.34	0.59	0.62	0.92

Keterangan (Remarks) :

CT = Perangkap dingin (Cold trap)

^a = Berdasarkan berat basah daun pinus (Based on fresh weight of pine needles)

^b = Berdasarkan berat kering tanur daun pinus (Based on oven-dry weight of pine needles)

Peningkatan tekanan ekstraksi pada suhu ekstraksi 40°C mengakibatkan meningkatnya kerapatan pelarut superkritikal fluida CO₂. Peningkatan kerapatan ini menyebabkan meningkatnya daya kelarutan lilin pada pelarut superkritikal fluida CO₂, sehingga lebih banyak lilin yang terlarut didalamnya (Reverchon, *et al.*, 1993); Braun dan Schmid, 1984). Ketika suhu superkritikal fluida ini diturunkan menjadi 0°C, kelarutan lilin dalam pelarut superkritikal fluida menurun dan diendapkan pada perangkap dingin pertama. Sebagian lilin yang tidak terendapkan pada perangkap dingin pertama dan masih terlarut dalam superkritikal fluida ini dialirkan ke perangkap dingin kedua. Pada perangkap kedua ini tekanan diturunkan menjadi 0,1 MPa, sehingga lilin menjadi tidak larut dalam pelarut superkritikal fluida tersebut dan dapat diendapkan pada perangkap kedua. Peningkatan tekanan ekstraksi dan peningkatan rendemen lilin yang dihasilkannya dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Hubungan tekanan ekstraksi dan rendemen lilin
Figure 1. Relationship between extraction pressure and wax yield

Dalam ekstraksi dengan teknologi superkritikal fluida ini, selain lilin yang ada pada permukaan daun pinus, minyak atsiri yang ada dalam daun tersebut juga ikut terekstraksi. Dengan penurunan tekanan ekstraksi menjadi 0,1 MPa pada perangkat dingin kedua, sebagian kecil minyak atsiri terendapkan dalam perangkat tersebut dan sebagian besar keluar ke udara bersama-sama dengan pelarut superkritikal fluida CO₂, yang dapat dikenal dari baunya yang tersebar di udara. Sedangkan sebagian kecil minyak atsiri yang terendapkan pada perangkat dingin kedua dapat dibuktikan dengan adanya warna pelangi pada permukaan larutan lilin dalam kloroform, yang terlihat pada waktu proses penguapan. Warna pelangi ini tidak terlihat pada permukaan larutan lilin dalam kloroform yang diperoleh dari perangkat dingin pertama. Ini menunjukkan bahwa minyak atsiri tidak diendapkan pada perangkat dingin pertama, sesuai dengan teori Stahl, *et al.* (1988). Minyak atsiri ini, disamping senyawa lain yang tidak dikehendaki, mungkin mengakibatkan meningkatkan rendemen lilin yang dihasilkan pada perangkat dingin kedua. Untuk membuktikan hal ini, lilin tersebut perlu dianalisis dengan kromatografi cairan kinerja tinggi (HPLC). Hasil analisis lilin murni dengan HPLC menunjukkan bahwa waktu retensi lilin murni adalah berkisar antara 3,70 - 3,90 menit, dimana berat relatif dan area lilin murni dari hasil ekstraksi dengan berbagai tekanan ekstraksi tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Berat relatif dan arena puncak lilin murni hasil ekstraksi pada beberapa tekanan ekstraksi

Table 2. Relative mass and areas of the peak of pure waxes extracted at various pressures

Tekanan ekstraksi (Extraction pressure), MPa *	Contoh lilin dari (Waxes sample from)						Jumlah berat relatif (Relative mass total), k.mg
	Perangkap dingin (Cold trap) I			Perangkap dingin (Cold trap) II			
	RT	Area	Berat relatif, k.mg (Relative mass)	RT	Area	Berat relatif, k.mg (Relative mass)	
9	3.84	12611	31086	3.83	15707	42605	72691
14	3.79	2206921	639470	3.79	271235	723393	1362865
24	3.77	339397	1062206	3.76	247154	1362435	2424641
30	3.75	191665	1118908	3.75	498943	1767232	2886140

Keterangan (Remarks): * = Suhu ekstraksi (Extraction temperature), 40°C

k = Konstanta (Constant)

Tekanan sedang (Intermediate pressure), 6-7 MPa.

Dalam ekstraksi dengan metode superkritikal fluida CO₂ terlihat bahwa peningkatan tekanan ekstraksi menyebabkan lilin kasar yang dihasilkan meningkat. Pada ekstraksi ini tidak hanya lilin murni saja yang terekstraksi, tetapi senyawa lain juga ikut terekstraksi, seperti minyak lemak, bahan warna, minyak atsiri (Stahl, *et al.*, 1988), dan resin (Braun dan Schmidt, 1984). Senyawa-senyawa ini menyebabkan rendemen lilin lebih tinggi. Dalam analisis lilin murni dengan HPLC, pada kromatogram muncul puncak-puncak kecil yang diduga merupakan senyawa-senyawa tersebut, disamping puncak lilin murni itu sendiri (lihat Lampiran 1-4). Berat relatif dan area puncak lilin murni ini bertambah besar dengan meningkatnya tekanan ekstraksi (Gambar 2).

Gambar 2. Hubungan antara tekanan ekstraksi dan berat relatif lilin murni
Figure 2. Relationship between extraction pressure and relative mass of wax

Dalam penelitian ini, lilin murni dipisahkan dari senyawa lain yang tidak dikehendaki dan di analisis hanya sebagai satu senyawa saja, karena tujuan utama analisis dengan HPLC ini hanya untuk mengetahui gambaran yang jelas dari lilin murni yang terkandung dalam lilin kasar yang dihasilkan dari ekstraksi. Lilin murni ini sebenarnya merupakan ester dari normal asam lemak dan asam beralkohol rantai panjang. Komposisi utama asam lemak beralkohol adalah ω -hidroksi asam lemak dengan jumlah atom C12, C14 dan C16, sedangkan dalam asam lemak komposisi utamanya adalah senyawa dengan jumlah atom C12, C14 dan C16 (Herbin dan Robins, 1968). Senyawa ini dapat digunakan sebagai bahan pengaktif permukaan (surfactant) dalam proses penghilangan tinta pada pemanfaatan kertas bekas. Disamping itu juga merupakan bahan baku dalam pembuatan senyawa yang berfungsi sebagai hormon pertumbuhan tanaman.

III. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pembilasan lilin yang mengendap pada katup dan di sepanjang pipa dengan cara ekstraksi dengan menggunakan metode yang sama pada suhu ekstraksi 72°C dan tekanan ekstraksi 30 MPa tanpa contoh pada sel ekstraksi, yang diikuti dengan pembilasan dengan pelarut kloroform berpengaruh besar sekali terhadap rendemen lilin kasar yang dihasilkan. Dengan suhu ekstraksi 40°C dan tekanan ekstraksi 30 MPa yang disertai dengan pembilasan menghasilkan rendemen lilin kasar hampir 4 kali lebih besar dibandingkan dengan rendemen lilin yang dihasilkan dengan kondisi yang sama tanpa adanya pembilasan. Rendemen ini juga masih lebih tinggi dibandingkan dengan rendemen lilin yang diperoleh dari ekstraksi dengan pelarut kloroform.

2. Peningkatan tekanan ekstraksi dengan metode superkritikal fluida CO_2 meningkatkan rendemen lilin kasar yang dihasilkan, baik yang diperoleh dari perangkap dingin pertama maupun perangkap dingin kedua.
3. Hasil analisis dengan HPLC menunjukkan bahwa lilin murni dipisahkan dari senyawa yang tidak dikehendaki dengan waktu retensi yang berkisar antara 3,70 - 3,90 menit. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa peningkatan tekanan ekstraksi ternyata meningkatkan lilin murni yang dihasilkan.
4. Untuk memperoleh lilin murni yang tinggi, disarankan menggunakan ekstraksi dengan metode superkritikal fluida CO_2 dengan kondisi tekanan ekstraksi 30 MPa dan suhu ekstraksi 40°C , yang diikuti dengan pembilasan lilin yang mengendap di katup dan pipa. Analisis turunan lilin murni ini perlu dilakukan untuk menghasilkan asam lemak dan hidroksi asam lemak yang berguna sebagai bahan pengaktif permukaan dan bahan baku untuk produksi hormon pertumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Braun, G. and H Schmidt, 1984. High Pressure Extraction of Crude Montan Wax. *Physical Chemistry*, (88) : 891-894.
- Franich, R.A, L.G. Wells, and P.T. Holland. 1978. Epicuticular wax of *Pinus radiata* needles. *Phytochemistry*, 17:1617-1623.
- Hills, J.W. and H.H. Hills. 1993. Carbon Dioxide SFE with a Reactive Solvent Modifier for Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon. *J. Chrom. Scs.*, 31:6-12.
- Knez, Z. and R. Steiner. 1992. Solubility of Capsaicin in Dense CO_2 . *The Journal of Supercritical Fluid*, (5):251 - 255.
- Revichon, E., P. Russo, and A. Stassi, 1993. Solubilities of Solid Octacosane and Triocosane In Supercritical Carbon Dioxide. *J. Chem. Eng. Data*, 38: 458 - 460.
- Riekkola, M.L. and P. Manninen. 1993. Supercritical Fluid Extraction as An Alternative Sample Preparation Method. *Trends in Analytical Chemistry*, 12 (3): 109-114.
- Stahl, E.K., W. Quirin, and D. Gerald. 1988. Dense Gases for Extraction and
- Subra, P., R. Tufeu, Y. Garrabos and P. Boissinot. 1991. Supercritical Fluids Extraction from a Mediterranean Brown Alga. *The Journal of Supercritical Fluids*, (4):244-249.
- Synder, J.L., R.L. Grob, M.E. McNally and T.S. Oostdyk. 1993. The effect of Instrumental Parameters and Soil Matrix of the Recovery of Organochlorine and Organophosphate Pesticides from Soils Using SFE. *J. Chrom. Scs.*, 31:183-189.
- Tulloch, A.P. 1980. Composition of Epicuticular Waxes from 28 Genera of Graminae: Differences between subfamilies. *Can J. Bot.*, 59: 1213-1221.

Wiyono, B., 1995. Ekstraksi Lilin Daun Pinus dengan Pelarut Organik. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 13 (2): 52-59.

—; dan P.J.Jodan, 1994. effect Supercritical CO2 Extraction Temperature on the Yield of Waxes from Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) Needles. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 12 (5):175-179.

—, 1994. Pemurnian Lilin Kasar yang Diperoleh dari Beberapa Tingkat Suhu Ekstraksi Superkritikal dengan Metode Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 9(3) : 11-14.

DAFTAR PUSTAKA

Wiyono, B., dan P.J.Jodan, 1994. effect Supercritical CO2 Extraction Temperature on the Yield of Waxes from Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) Needles. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 12 (5):175-179.

Wiyono, B., 1995. Ekstraksi Lilin Daun Pinus dengan Pelarut Organik. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 13 (2): 52-59.

Wiyono, B., dan P.J.Jodan, 1994. effect Supercritical CO2 Extraction Temperature on the Yield of Waxes from Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) Needles. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 12 (5):175-179.

Wiyono, B., 1994. Pemurnian Lilin Kasar yang Diperoleh dari Beberapa Tingkat Suhu Ekstraksi Superkritikal dengan Metode Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 9(3) : 11-14.

Wiyono, B., dan P.J.Jodan, 1994. effect Supercritical CO2 Extraction Temperature on the Yield of Waxes from Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) Needles. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 12 (5):175-179.

Wiyono, B., 1995. Ekstraksi Lilin Daun Pinus dengan Pelarut Organik. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 13 (2): 52-59.

Wiyono, B., dan P.J.Jodan, 1994. effect Supercritical CO2 Extraction Temperature on the Yield of Waxes from Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) Needles. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 12 (5):175-179.

Wiyono, B., 1994. Pemurnian Lilin Kasar yang Diperoleh dari Beberapa Tingkat Suhu Ekstraksi Superkritikal dengan Metode Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 9(3) : 11-14.

Wiyono, B., dan P.J.Jodan, 1994. effect Supercritical CO2 Extraction Temperature on the Yield of Waxes from Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) Needles. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 12 (5):175-179.

Wiyono, B., 1995. Ekstraksi Lilin Daun Pinus dengan Pelarut Organik. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 13 (2): 52-59.

Wiyono, B., dan P.J.Jodan, 1994. effect Supercritical CO2 Extraction Temperature on the Yield of Waxes from Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) Needles. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 12 (5):175-179.

Lampiran 1. Kromatogram contoh lilin yang diperoleh pada suhu ekstraksi 40°C, tekanan ekstraksi 9 MPa dan tekanan sedang 7 - 7.5 MPa

Appendix 1. Chromatograms of wax sample obtained at a 40°C extraction temperature and at a 9 MPa extraction pressure, and a 7 - 7.5 MPa intermediate pressure.

Lampiran 2. Kromatogram contoh lilin yang diperoleh pada suhu ekstraksi 40°C, tekanan ekstraksi 14 MPa dan tekanan sedang 7 - 7.5 MPa

Appendix 1. Chromatograms of wax sample obtained at a 40°C extraction temperature and at a 14 MPa extraction pressure, and a 7 - 7.5 MPa intermediate pressure.

High Performance Liquid Chromatography

Lampiran 3. Kromatogram contoh lilin yang diperoleh pada suhu ekstraksi 40°C, tekanan ekstraksi 24 MPa dan tekanan sedang 7 - 7.5 MPa

Appendix 3. Chromatograms of wax sample obtained at a 40°C extraction temperature and at a 24 MPa extraction pressure, and a 7 - 7.5 MPa intermediate pressure.

Lampiran 4. Kromatogram contoh lilin yang diperoleh pada suhu ekstraksi 40°C, tekanan ekstraksi 30 MPa dan tekanan sedang 7 - 7.5 MPa

Appendix 4. Chromatograms of wax sample obtained at a 40°C extraction temperature and at a 30 MPa extraction pressure, and a 7 - 7.5 MPa intermediate pressure.