

Penelitian/Research

MEMPELAJARI PENGARUH PENGGUNAAN ZEOLIT DAN SUHU PEMUCATAN
DALAM MEMPERBAIKI MUTU MINYAK KANANGA (*Canangium Odoratum Bail*)

*Study on The Effect of Zeolite Used and Temperature of Bleaching In Improving The Quality
of Cananga Oil (Canangium odoratum Bail)*

Agus Sudibyo¹⁾ dan Juli Astuti²⁾

¹⁾ Balai Besar Industri Agro (BBIA)
Jl. Ir. H. Juanda No. 11 Bogor 16122

²⁾ Akademi Kimia Analisis Bogor
Jl. Pangeran Sogiri 283, Bogor 16710

ABSTRACT: The aim of this study was to improve the quality of cananga oil from Boyolali Central of Java by bleached treatment with zeolite and tartaric acid. Sample of cananga oil were heated at 50 and 60 Celsius degree in boiled water bath with active zeolite (A₁) and natural zeolite (A₂) at 3 % (B₁), 6% (B₂) and 9% (B₃), and also with a tartaric acid at 3 percent using magnetic stirrer at 250 rpm for 60 minutes. The control was cananga oil without treatment. After filtered, the cananga oil were analyzed for the yield, color transmission, metal content, ester number, specific gravity at 20°C, rotary index, optic rotation and solution in 95 percent of ethanol. The results indicated that the best treatment in term of the yield, transmission, ester number and metal content was that treating cananga oil with 6 percent of active zeolite and 3 percent of tartaric acid at 50 Celsius degree. Active zeolite was more effective than natural zeolite in absorbing the undesirable containment.

Keywords : Cananga oil, zeolite performance, quality, bleaching.

PENDAHULUAN

Minyak kananga merupakan salah satu jenis minyak atsiri Indonesia yang telah diusahakan secara komersial dan dikenal di pasar internasional. Industri minyak kananga merupakan sebagai perintis minyak atsiri Indonesia, yang banyak dihasilkan di pulau Jawa sehingga dikenal dengan sebutan "Java cananga oil".

Minyak kananga adalah minyak yang diperoleh dengan cara penyulingan bunga kananga. Salah satu parameter mutu kananga adalah kadar senyawa esternya. Semakin tinggi kadar ester, maka mutu minyak semakin bagus karena baunya semakin harum. Bilangan ester pada minyak kananga Indonesia paling tinggi mencapai 35 (Sujatmaka, 1987). Hasil penelitian Moestafa (1996) terhadap studi komponen minyak kananga asal Nabire (Irian Jaya), kananga Jawa dan Ylang-Ylang asal Perancis secara khromatografi gas dan spektrometri massa menunjukkan bahwa bilangan ester kananga Jawa 15 - 35, kananga Nabire, Irian Jaya 95,0 dan Ylang-Ylang Perancis 148 - 226. Dengan demikian, Ylang-Ylang mempunyai kualitas yang paling baik jika dibandingkan dengan minyak kananga jenis yang lain karena bilangan ester yang dikandungnya adalah 148 -

226. Komponen utama minyak kananga berdasarkan hasil analisis yang dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Obat dan Rempah (Balitro) adalah beta-kariofilen (36 persen), alfa-terpeniol (10 persen), benzil asetat (9 persen) dan benzil alkohol (2 persen). Menurut Masada (1972), minyak kananga mengandung senyawa-senyawa antara lain : alfa-pinen, kamfena, beta-pinen, mycere, limone, benzaldehida, linalool, beta-kariofilen, alfa-terpeniol, borneol, benzil asetat, metil salisitat, geraniol asetat, safrol, eugenol, dan iso-eugenol.

Salah satu masalah yang sering timbul pada industri kecil penyulingan minyak kananga adalah terjadinya warna minyak kananga yang menjadi gelap dan terdapatnya kotoran terlarut sehingga menyebabkan rendahnya mutu minyak kananga yang bersangkutan. Kondisi ini disebabkan oleh beberapa hal, yaitu penanganan dan pengolahan yang tidak baik, terjadinya reaksi antara senyawa-senyawa dalam minyak kananga dengan ion logam yang berasal dari ketel suling yang tidak tahan karat, terjadinya polimerisasi karena pengaruh suhu yang terlalu tinggi selama penyulingan, dan kerusakan akibat oksidasi atau hidrolisis selama penyimpanan, sehingga menurunkan mutu minyak kananga yang bersangkutan.

Minyak atsiri seperti halnya minyak kananga yang warnanya gelap dan tidak jernih serta terdapatnya kotoran yang terlarut dapat dijernihkan dan ditingkatkan mutunya secara fisik yaitu dengan cara penyulingan ulang (redestilasi), dan secara kimia dengan menambahkan bahan-bahan kimia yang dapat menyerap warna serta mengikat ion logam yang bereaksi dengan kompoen-komponen minyak atsiri. Bahan kimia tersebut misalnya adalah adsorben atau bahan pengadsorpsi, misalnya arang aktif, "bleaching earth", "kieselghur", senyawa pembentuk kompleks atau *chelating agent* dan resin penukar ion.

Untuk memperbaiki mutu minyak atsiri telah dicoba oleh Karmelita (1991) pada minyak daun cengkeh dengan asam tartarat, dan oleh Ketaren dan Rina (1994) pada minyak kananga dengan menggunakan arang aktif dan asam tartarat, serta penyulingan minyak secara terfraksinasi (Ahdiansyah, 1997). Tiap jenis adsorben mempunyai selektifitas dalam mengabsorpsi komponen tertentu yang ada dalam campuran. Lempung aktif yang diasamkan efektif untuk adsorpsi hasil oksidasi, namun minyak yang tertinggal cukup banyak (Wam, 1991).

Zeolit merupakan mineral alam yang banyak terdapat di Indonesia, berbentuk kristal alumina silikat. Zeolit alam dengan rumus struktur $M^{xz} (AlO_2)_x (SiO_2)_y n H_2O$ dimana M merupakan logam golongan I dan golongan II, z adalah valensi logam, x dan y bilangan struktur dan n adalah jumlah molekul air (Sutarti, 1994). Struktur kristalnya menyebabkan zeolit berpori-pori dan adanya logam transisi yang menyisip dalam matriks molekulnya dapat membentuk pori makro. Karena pori-pori tersebut, zeolit dapat bersifat sebagai adsorben (penyerap). Perlakuan dengan asam dan panas dapat mengaktifkan zeolit, yaitu meningkatkan kapasitas adsorpsinya (Setiadji, 1996).

Zeolit mengandung kation yang dapat dipertukarkan, sehingga banyak dipergunakan dalam industri sebagai penukar ion, menghilangkan ion ammonia dalam limbah serta mengekstrak logam berat dalam buangan limbah industri. Dalam industri pangan, zeolit dipakai untuk penyaring molekul dan adsorben yang baik untuk pemucatan warna minyak sawit (Dewi, 1994). Mekanisme pertukaran ion dalam zeolit dapat terjadi melalui tiga tahapan, yaitu difusi kation dalam lapisan cairan, difusi kation dalam butir zeolit dan pertukaran ion dari gugus aktif yang ada dalam butir zeolit (Harjula, 1993).

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki mutu minyak kananga (*Canangium odoratum* Baill) dan mengurangi komponen-komponen penyebab menurunnya

mutu minyak kananga asal Boyolali, Jawa Tengah dengan adsorpsi menggunakan zeolit dan melihat seberapa jauh kinerja zeolit terhadap rendemen dan parameter sifat fisik-kimia minyak kananga yang diuji. Zeolit digunakan dalam penelitian ini dengan alasan banyak terdapat di Indonesia dan harganya cukup kompetitif (murah) dibandingkan dengan bahan sejenis yang lainnya.

BAHAN DAN METODE

Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk penelitian ini adalah minyak kananga (*Canangium odoratum* Baill) yang berwarna gelap dan diperoleh dari petani penyuling minyak kananga desa Klego, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali – Jawa Tengah. Minyak kananga diperoleh dengan cara penyulingan bunga kananga dengan metode penyulingan air (kohobasi). Umur simpan minyak adalah 7 bulan, dikemas dalam botol bening yang bervolume 8 liter.

Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan penyerap warna atau adsorben zeolit aktif (yang telah diperlakukan dengan pemanasan) serta zeolit alam, masing-masing dengan ukuran 22 mesh diperoleh dari pabrik Purosani, Jalan wates, Yogyakarta; senyawa pembentuk kompleks asam tartarat, natrium sulfat anhidrida, etanol 95 persen, air suling, eter, KOH, HCl dan indikator phenolphthalin (pp) diperoleh dari Balai Besar Industri Agro (BBIA) dan Akademi Kimia Analisis (AKA), Bogor.

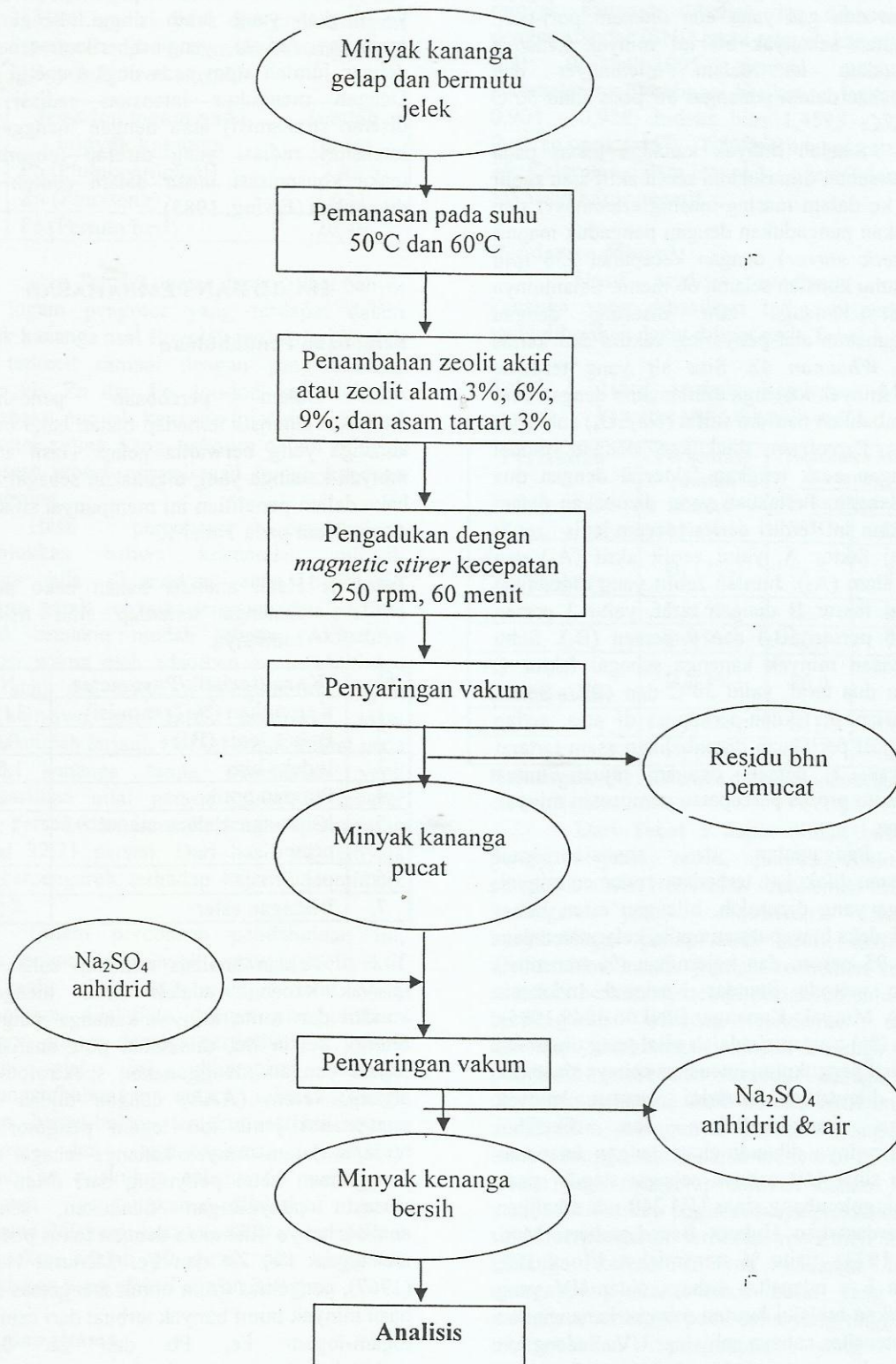
Alat

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*), spektrofotometer absorpsi atom (AAS) merk Shimadzu dengan tipe AA 670/G/V-4, piknometer 10 ml untuk suhu 25 °C, polarimeter tipe Abbe merk Carl Zeis, Refraktometer Carl Zeis, pemanas listrik *water bath*, pH meter model 410 (Thermo Orion), penyaring vakum, termometer, timbangan/neraca analitik dan spektrofotometer GBC UV/VIS merk Lamda (Perkin Elmer).

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam percobaan ini menggunakan metode yang

dilakukan oleh Ketaren dan Rina (1994) yang dimodifikasi, seperti yang terlihat pada Gambar 1. dibawah ini:



Gambar 1. Diagram alir tahapan pelaksanaan penelitian.

Dalam hal ini, zeolit aktif dan zeolit alami sebelumnya dipanaskan dulu pada suhu 130°C selama 3 jam untuk menghilangkan kotoran dan gas yang ada didalam pori-pori. Kemudian sebanyak 50 ml minyak kananga dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dipanaskan dalam penangas air pada suhu 50°C dan 60°C.

Setelah minyak kananga panas pada suhu tersebut, dimasukkan zeolit aktif atau zeolit alami ke dalam masing-masing erlenmeyer dan dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnet (*magnetic stirrer*) dengan kecepatan 250 rpm pada suhu konstan selama 60 menit. Selanjutnya minyak kananga lalu disaring dengan menggunakan alat penyaring vakum dan kertas saring *Whatman* 42. Sisa air yang terdapat dalam minyak kananga dihilangkan dengan cara menambahkan natrium sulfat (Na_2SO_4) anhidrid.

Percobaan dilakukan dengan model rancangan acak lengkap faktorial dengan dua kali ulangan. Perlakuan yang dicobakan dalam penelitian ini terdiri dari : Macam/jenis zeolit sebagai faktor A, yaitu zeolit aktif (A_1) dan zeolit alam (A_2). Jumlah zeolit yang digunakan sebagai faktor B dengan taraf, yaitu 3 persen (B_1), 6 persen (B_2) dan 9 persen (B_3). Suhu pemanasan minyak kananga sebagai faktor C dengan dua taraf, yaitu 50°C dan 60°C. Selain pemberian perlakuan-perlakuan di atas, setiap kombinasi perlakuan ditambahkan asam tartarat sebanyak 2 persen dengan tujuan untuk membantu proses percepatan pemucatan minyak kananga.

Pengamatan dan analisis hasil percobaan dilakukan terhadap rendemen minyak kananga yang diperoleh, bilangan ester, bobot jenis, indeks bias, putaran optik, kelarutan dalam etanol 95 persen dan kejernihan (% transmisi) dengan metode Standar Nasional Indonesia tentang Minyak Kananga (SNI.06.3949.1995). Persen (%) transmisi adalah nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran intensitas cahaya sinar UV yang dilewatkan melalui larutan minyak kananga yang diukur dan diketahui konsentrasinya dibandingkan dengan intensitas cahaya sinar UV aslinya sebagai standar pada panjang gelombang sinar UV 240 nm dikalikan 100 berdasarkan Hukum Beer-Lambert (Mac. Leod, 1973), yaitu % transmisi = $I/I_0 \times 100$, dimana I = intensitas cahaya sinar UV yang dilewatkan melalui larutan minyak kananga dan I_0 = intensitas cahaya asli sinar UV. Sedang ion logam dengan metode *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS). Prinsip AAS berdasarkan pada proses penyerapan energi radiasi pada panjang gelombang tertentu oleh

atom-atom yang berbeda pada tingkat tenaga dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasi/terpaparnya atom-atom ke tingkat yang lebih tinggi. Pengurangan intensitas radiasi yang diberikan sebanding dengan jumlah atom pada tingkat energi dasar. Dengan mengukur intensitas radiasi yang diserap (transmisi) atau dengan menggunakan intensitas radiasi yang diserap (absorbansi), maka konsentrasi unsur dalam contoh dapat ditentukan (Ewing, 1985).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan Pendahuluan

Dalam percobaan pendahuluan dilakukan analisis terhadap bahan baku minyak kananga yang berwarna gelap. Hasil analisis minyak kananga yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini mempunyai sifat yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis bahan baku minyak kananga terhadap sifat fisiko – kimianya.

No.	Karakteristik/Parameter	Nilai
1.	Kejernihan (% Transmisi)	11,2 %
2.	Bobot Jenis (BJ)	0,927
3.	Indeks bias	1,5037
4.	Putaran optik	- 21,5
5.	Kelarutan dalam etanol 95 persen	1 : 0,5 larut
6.	pH	3,90
7.	Bilangan ester	38

Tujuan analisis terhadap bahan baku minyak kananga adalah untuk mengetahui kondisi dan mutu minyak kananga yang akan diteliti. Selain itu, dilakukan pula analisis ion logam dengan menggunakan spektrofotometer absorpsi atom (AAS) dengan tujuan untuk mengetahui jenis ion logam pengotor yang terdapat dalam minyak kananga sebagai akibat penggunaan ketel penyuling dari drum bekas sewaktu penyulingan dilakukan, sehingga analisis hanya dilakukan dengan fokus pada ion-ion logam Pb, Zn dan Fe. Menurut Harding (1967), pengemas drum untuk mengemas cairan hasil minyak bumi banyak terbuat dari campuran logam-logam Fe, Pb dan Zn dengan perbandingan tertentu dengan proses *coating*. Dengan demikian logam-logam yang mungkin mencemari minyak kananga hasil penyulingan dengan ketel suling drum bekas tersebut adalah

ion-ion logam Fe, Pb dan Zn yang paling dominan mempengaruhi kandungan logam pada minyak kananga dibandingkan dengan logam-logam lainnya seperti logam Mg dan Mn. Hasil analisis ion logam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis jenis dan jumlah logam pengotor pada minyak kananga asal Boyolali, Jawa tengah.

No.	Jenis Ion logam pada minyak kananga	Jumlah (ppm)
1.	Pb (Plumbum/timbal)	3,85
2.	Zn (Zinc/seng)	18,21
3.	Fe (Ferrum/besi)	20,46

Dari Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa jenis logam pengotor yang terdapat dalam minyak kananga asal Boyolali mulai dari jumlah yang terkecil sampai dengan yang terbesar adalah Pb, Zn dan Fe. Ion-ion logam dalam bahan baku minyak kananga ini diduga berasal dari ketel suling yang terbawa dalam minyak pada saat proses penyulingan bunga kananga berlangsung.

Hasil percobaan pendahuluan menunjukkan bahwa kekentalan minyak kananga bila dipanaskan akan berkurang sehingga gerak senyawa-senyawa dan partikel minyak semakin mudah leluasa. Akibatnya adsorpsi warna oleh adsorben zeolit aktif dan zeolit alam dan senyawa pengikat ion logam oleh senyawa pembentuk kompleks asam tartarat mudah terjadi. Hal ini dapat dilihat pada minyak kananga tanpa pemanasan yang menghasilkan nilai persen transmisi sebesar 14,54 persen dan minyak dengan pemanasan sebesar 32,21 persen. Dari hasil ini ternyata suhu berpengaruh terhadap kejernihan minyak kananga.

Dalam percobaan pendahuluan ini, proses pengadukan minyak kananga, zeolit aktif atau zeolit alam dan asam tartarat yang dicampurkan dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan pertimbangan bahwa dengan alat ini diharapkan kontak singgungan/hubungan antara minyak kanga dengan bahan-bahan tersebut terjadi secara langsung dan terus-menerus (kontinu). Pengadukan dilakukan selama 60 menit dan kecepatan pengadukan dilakukan pada kecepatan 250 rpm, karena waktu yang optimal pengadukan adalah 60 menit dan kecepatan pengadukan yang efektif adalah 250 rpm.

Penelitian Utama

Dalam penelitian utama, pengaruh penggunaan zeolit dan suhu pemucatan terhadap rendemen minyak kananga, kejernihan (% transmisi) dan kandungan ion logam diamati dan

dibahas karena zeolit diduga dapat menyerap minyak dan bahan-bahan asing lainnya yang mempengaruhi terhadap warna minyak kananga. Sedang untuk mengetahui pengaruh penggunaan zeolit dan suhu pemucatan terhadap mutu minyak kananga dibahas dan dibandingkan dengan standar (SNI) mutu minyak kananga No. SNI 06-3949-1995 dengan persyaratan parameter mutu sebagai berikut : Bobot jenis 0,904 - 0,928; Indeks bias 1,4595 - 1,5050; Putaran optik (-15°) - (-30°), Bilangan ester 15 - 35, Kelarutan dalam etanol 1 : 1 jernih/larut dan zat asing harus negatif.

Rendemen Minyak

Hasil analisis rendemen minyak kananga yang dihasilkan terhadap perlakuan yang diberikan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis Rendemen Minyak kananga yang dihasilkan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Rendemen Minyak Kananga (%)	
		Suhu Pemucatan	
		50°C	60°C
A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%)	84,5	84,1
	B ₂ (6%)	82,4	82,1
	B ₃ (9%)	80,1	79,8
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%)	86,4	
	B ₂ (6%)	84,3	83,9
	B ₃ (9%)	82,1	81,7

Keterangan, (*): Rata-rata dari dua kali ulangan.

Dari Tabel 3 dapat dilihat hubungan pengaruh jenis zeolit, jumlah zeolit dan pengaruh suhu terhadap rendemen minyak kananga yang dihasilkan. Semakin banyak/tinggi penambahan zeolit aktif atau zeolit alam, maka jumlah rendemen minyak semakin berkurang, tetapi perlakuan suhu tidak berpengaruh terhadap rendemen minyak kananga. Kehilangan minyak kananga akibat perlakuan pemucatan tersebut diduga dapat disebabkan karena baik zeolit aktif maupun zeolit alam mempunyai pori-pori yang cukup luas, sehingga selain dapat menyerap komponen warna juga menyerap minyak dalam jumlah yang relatif cukup besar. Adanya perlakuan suhu tidak berpengaruh terhadap rendemen minyak kananga karena minyak kananga banyak mengandung fraksi-fraksi berat yang sukar menguap, sehingga pada suhu yang tinggi tidak menyebabkan penguapan yang dapat menurunkan rendemen minyak kananga.

Dari hasil analisis sidik ragam dengan Uji Duncan diketahui bahwa perlakuan berpengaruh terhadap rendemen minyak yang dihasilkan. Perlakuan penambahan jenis zeolit

dan jumlah zeolit yang ditambahkan berpengaruh nyata terhadap rendemen minyak, sedang perlakuan suhu berpengaruh tidak nyata. Hasil uji Duncan pada nilai α 0,05 menunjukkan bahwa baik penambahan jenis zeolit maupun jumlah zeolit yang ditambahkan berpengaruh terhadap rendemen minyak kananga, dan hal ini terjadi pada setiap konsentrasi, yaitu 3 persen, 6 persen dan 9 persen.

Kejernihan (% Transmisi)

Hasil analisis kejernihan (% Transmisi) minyak kananga dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis kejernihan (% Transmisi) minyak yang dihasilkan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Persen (%) Transmisi	
		Suhu Pemucatan	
		50 °C	60°C
A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%)	29,18	27,46
	B ₂ (6%)	31,21	29,67
	B ₃ (9%)	33,64	31,48
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%)	27,24	26,21
	B ₂ (6%)	29,37	28,16
	B ₃ (9%)	31,52	30,35

Keterangan, (*): Rata-rata dari dua kali ulangan.

Bila seluruh hasil analisis tersebut dirata-ratakan, maka nilai persen transmisi minyak kananga rata-rata yang diperoleh adalah 29,62 persen. Persen transmisi tertinggi diperoleh dari perlakuan penambahan 9 persen zeolit aktif pada suhu 50°C, yaitu sebesar 33,64 persen. Persen transmisi terendah diperoleh dari perlakuan penambahan 3 persen zeolit alam pada suhu 60°C, yaitu sebesar 26,21 persen.

Hasil analisis yang dilakukan dengan Uji Duncan, ternyata perlakuan penambahan jenis zeolit dan jumlah zeolit serta suhu pemucatan berpengaruh terhadap nilai persen transmisi minyak kananga. Penambahan jenis zeolit aktif menghasilkan persen transmisi minyak yang semakin tinggi atau lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan zeolit alam. Semakin banyak jenis zeolit aktif ataupun zeolit alam yang ditambahkan, maka nilai kejernihan (% transmisi) minyak kananga semakin tinggi dan sebaliknya semakin tinggi suhu, maka nilai persen transmisi minyak kananga semakin rendah.

Penambahan 6 persen dan 9 persen zeolit aktif ataupun zeolit alam, ternyata menghasilkan nilai persen transmisi minyak kananga yang semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena pada konsentrasi tersebut, pengikatan logam dan senyawa/bahan asing (*impurities*) lainnya efektif dilakukan oleh zeolit tersebut, sehingga logam dan bahan asing

lainnya dapat dipisahkan dari minyak kananga dan kejernihan minyak menjadi semakin tinggi.

Pada uji Duncan dengan jenjang kepercayaan 95 persen atau pada nilai α 0,05 ; ternyata suhu berpengaruh terhadap kejernihan (% transmisi) minyak kananga yang dihasilkan. Semakin meningkat/tinggi suhu, maka nilai persen transmisi atau kejernihan semakin rendah. Hal ini dapat disebabkan karena pada suhu yang tinggi terjadi reaksi pelepasan ikatan logam dengan matriks molekul zeolitnya, sehingga mengakibatkan nilai persen transmisi minyak kananga yang dihasilkan menjadi turun. Perlakuan terbaik yang menghasilkan nilai persen transmisi tertinggi adalah pada penambahan zeolit aktif 9 persen pada suhu 50°C, sebesar 33,64 persen.

Ion Logam

Kandungan ion logam yang terdapat dalam minyak kananga gelap dari daerah Boyolali (Jawa Tengah) terdiri dari ion-ion logam Pb, Zn dan Fe, yaitu masing-masing 3,85 ppm; 18,21 ppm dan 20,46 ppm. Logam-logam ini diduga berasal dari ketel suling yang digunakan dan terbawa pada saat proses penyulingan kohobasi dilakukan. Untuk menghilangkan ion logam tersebut dalam pemucatan selain diberi perlakuan dengan zeolit juga ditambahkan asam tartarat 3 persen yang terdapat dalam minyak kananga agar ion-ion logam tersebut bereaksi dengan asam tartarat membentuk senyawa kompleks. Senyawa kompleks ini akan mengendap dalam larutan dan dapat dipisahkan dengan cara penyaringan. Hasil analisis kandungan logam pada minyak kananga yang dihasilkan dari proses pemucatan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5, 6 dan 7.

Tabel 5. Hasil analisis kandungan ion logam Pb pada minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Kandungan Ion Logam Pb (ppm)	
		Suhu pemucatan	
		50°C	60°C
A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%)	1,25	1,20
	B ₂ (6%)	1,14	1,06
	B ₃ (9%)	0,98	0,85
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%)	1,43	1,31
	B ₂ (6%)	1,27	1,19
	B ₃ (9%)	1,12	1,01

Keterangan, (*): Rata-rata dari dua kali ulangan.

Tabel 6. Hasil analisis kandungan ion logam Zn pada minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Kandungan Ion Logam Zn (ppm)	
		Suhu pemucatan	
		50°C	60°C
A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%)	6,92	6,79
	B ₂ (6%)	6,51	6,34
	B ₃ (9%)	6,27	5,98
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%)	7,08	6,62
	B ₂ (6%)	6,74	6,46
	B ₃ (9%)	6,45	6,28

Keterangan, (*) : Rata-rata dari dua kali ulangan

Tabel 7. Hasil analisis kandungan ion logam Fe pada minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Kandungan Ion Logam Fe (ppm)	
		Suhu pemucatan	
		50°C	60°C
A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%)	3,46	3,21
	B ₂ (6%)	3,12	2,87
	B ₃ (9%)	2,84	2,52
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%)	3,69	3,53
	B ₂ (6%)	3,42	3,19
	B ₃ (9%)	3,16	2,98

Keterangan : (*) = Rata-rata dari dua kali ulangan.

Dari Tabel 5, 6 dan 7 tersebut dapat dilihat bahwa kandungan ion-ion logam pada minyak kananga hasil pemucatan mempunyai pola kecenderungan penurunan yang sama, yaitu nilai terendah masing-masing ion logam Pb, Zn dan Fe diperoleh pada penambahan zeolit aktif 9 persen pada suhu 60°C; sedang nilai tertinggi masing-masing kandungan ion logam Pb, Zn dan Fe diperoleh dari hasil pemucatan pada penambahan zeolit alam 3 persen pada suhu 50°C. Nilai rata-rata kandungan ion masing-masing logam setelah pemucatan adalah 1,05 ppm (Pb), 6,54 ppm (Zn) dan 3,17 ppm (Fe). Nilai rata-rata kandungan logam setelah pemucatan tersebut, bila dibandingkan dengan standar SNI .06.3949 – 1995 jelas belum memenuhi persyaratan, karena standar persyaratan mutu untuk bahan asing termasuk kandungan ion logam dinyatakan harus negatif.

Dari Tabel 5, 6 dan 7 juga terlihat bahwa pada prinsipnya minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan mempunyai kandungan logam Pb, Zn dan Fe yang lebih kecil atau lebih rendah dibandingkan dengan kandungan logam pada minyak kananga gelap awal, yang berarti terjadi/mengalami penurunan kandungan logam pada minyak kananga hasil pemucatan itu rata-rata berturut-turut adalah $(3,85-1,05)/3,85 \times 100\% = 72,7\%$ untuk logam Pb; $(18,21 - 6,54)/18,21 \times 100\% = 64,1\%$ untuk

logam Zn dan $(20,46 - 3,17)/20,46 \times 100\% = 84,5\%$ untuk logam Fe. Dengan demikian, penurunan jumlah logam yang terbesar pada minyak kananga hasil pemucatan adalah logam Fe, disusul oleh logam Pb dan terakhir logam Zn.

Secara umum dari Tabel 5, 6 dan 7 terlihat bahwa makin rendah persentase (%) zeolit yang ditambahkan makin besar kandungan ion Pb, Zn dan Fe; sebaliknya makin tinggi persentase (%) zeolit yang ditambahkan makin kecil kandungan ion Pb, Zn dan Fe. Sementara, makin tinggi suhu perlakuan pemucatan makin kecil pula kandungan ion-ion logam yang terdapat dalam minyak kananga. Hal ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan konsentrasi/persentase zeolit yang ditambahkan, jumlah ion-ion logam yang terserap oleh zeolit juga semakin meningkat sehingga menghasilkan kandungan ion logam yang semakin rendah/kecil. Begitu pula terhadap pengaruh suhu pemucatan, dimana suhu yang semakin meningkat akan menyebabkan mekanisme aktivasi zeolit akan meningkat sehingga ion logam yang terkandung dalam minyak akan terdifusi dalam zeolit dan kandungan ionnya menjadi turun.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, ternyata perlakuan penambahan jenis zeolit dan persentase (konsentrasi) zeolit yang ditambahkan serta suhu berpengaruh nyata terhadap kandungan logam Pb, Zn dan Fe. Penambahan jenis zeolit aktif memberikan nilai kandungan logam Pb, Zn dan Fe yang lebih kecil pada berbagai konsentrasi yang dicobakan dibandingkan dengan penambahan jenis zeolit alam baik pada persentase (konsentrasi) yang ditambahkan maupun pada suhu yang sama. Semakin besar persentase (konsentrasi) zeolit aktif atau zeolit alam yang ditambahkan, maka nilai kandungan logam semakin rendah. Hal ini dapat disebabkan karena baik zeolit aktif atau zeolit alam mempunyai kemampuan mengikat logam-logam Pb, Zn dan Fe tersebut dengan cara pertukaran ion-ion logam yang terdapat didalamnya, selain itu logam-logam pada minyak kananga juga bereaksi dengan asam tartarat membentuk senyawa kompleks, sehingga logam-logam pada minyak kananga yang dipucatkan menjadi berkurang sewaktu dilakukan penyaringan.

Bilangan Ester

Hasil analisis nilai bilangan ester minyak kananga yang dihasilkan dari perlakuan pemucatan yang dilakukan disajikan pada Tabel 8. Dari Tabel 8 tersebut dapat dilihat bahwa pada umumnya akibat perlakuan pemucatan dengan zeolit aktif atau zeolit alam pada berbagai konsentrasi yang dicobakan dan pada

suhu 50°C atau suhu 60°C, nilai bilangan ester minyak kananga mengalami penurunan karena nilai bilangan ester sebelum perlakuan adalah 38. Penurunan nilai bilangan ester minyak kananga hasil pemucatan ini dapat disebabkan karena terjadinya proses hidrolisis minyak kananga, yang mengakibatkan terbentuknya asam dan alkohol. Bilangan ester ditentukan oleh kadar ester terpenting dalam minyak kananga seperti benzil asetat, geraniol asetat, benzil alkohol, linalool asetat dan metil salisilat disamping senyawaan ester dari asam format, asam folerat, lalu senyawa linalool, geraniol, safrol, borneol dan alfa terpeniol (Guenther, 1952; Lawrence, 1981).

Tabel 8. Hasil analisis nilai bilangan ester minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Bilangan Ester	
		Suhu pemucatan	
		50°C	60°C
A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%)	35,97	35,91
	B ₂ (6%)	36,65	36,38
	B ₃ (9%)	36,20	35,95
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%)	36,14	35,96
	B ₂ (6%)	36,50	36,27
	B ₃ (9%)	36,32	36,14

Keterangan : (*) = Rata-rata dari dua kali ulangan.

Dari Tabel 8 tersebut dapat dilihat bahwa pada umumnya akibat perlakuan pemucatan dengan zeolit aktif atau zeolit alam pada berbagai konsentrasi yang dicobakan dan pada suhu 50°C atau suhu 60°C, nilai bilangan ester minyak kananga mengalami penurunan karena nilai bilangan ester sebelum perlakuan adalah 38. Penurunan nilai bilangan ester minyak kananga hasil pemucatan ini dapat disebabkan karena terjadinya proses hidrolisis minyak kananga, yang mengakibatkan terbentuknya asam dan alkohol. Nilai-nilai bilangan ester hasil percobaan tersebut dibandingkan dengan nilai bilangan ester yang dipersyaratkan dalam standar mutu minyak kananga sebesar 15 – 35, jelas masih memenuhi persyaratan mutu minyak kananga karena nilai bilangan ester terkecil sebesar 35,91 dan terbesar 36,65.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan uji Duncan ternyata perlakuan pemucatan dengan zeolit aktif atau zeolit alam dengan berbagai konsentrasi dan pada suhu 50°C atau suhu 60°C tidak berpengaruh terhadap nilai bilangan ester minyak kananga. Hal ini disebabkan jumlah senyawa ester yang terabsorpsi akibat pemucatan relatif sama. Perlakuan pemucatan minyak kananga terbaik yang menghasilkan nilai bilangan ester tertinggi

adalah dengan penambahan zeolit aktif 6% pada suhu 50°C dengan nilai 36,65.

Bobot Jenis

Hasil analisis bobot jenis minyak kananga yang dihasilkan terhadap perlakuan pemucatan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 9. Dari Tabel 9 tersebut jika nilainya dihitung berdasarkan rata-ratanya, maka nilai bobot jenis minyak kananga rata-rata yang diperoleh adalah 0,925 dengan nilai bobot jenis tertinggi 0,930 diperoleh dengan penambahan zeolit aktif 9 persen pada suhu 50°C. Bila diperhatikan ke Tabel 9 tersebut juga terlihat bahwa nilai bobot jenis minyak kananga relatif tidak jauh berbeda berkisar antara 0,920 sampai dengan 0,930 untuk semua perlakuan. Nilai bobot jenis minyak atsiri sangat tergantung dari komponen senyawa terbanyak dalam minyak atsiri bersangkutan, tidak terdapatnya perbedaan nyata menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang sama terhadap sifat fisik (bobot jenis) minyak kananga yang dihasilkan. Nilai bobot jenis hasil percobaan tersebut dibandingkan dengan nilai bobot jenis yang dipersyaratkan dalam standar mutu SNI. 06.3949 – 1995 minyak kananga masih memenuhi persyaratan.

Tabel 9. Hasil analisis bobot jenis minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Bobot Jenis Minyak Kananga	
		Suhu pemucatan	
		50°C	60°C
A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%)	0,922	0,920
	B ₂ (6%)	0,926	0,924
	B ₃ (9%)	0,930	0,929
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%)	0,922	0,921
	B ₂ (6%)	0,924	0,923
	B ₃ (9%)	0,929	0,928

Keterangan, (*) : Rata-rata dari dua kali ulangan.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan yang diterapkan tidak berpengaruh nyata terhadap bobot jenis minyak, demikian juga dengan interaksi antar perlakuan. Nilai bobot jenis minyak kananga sebelum pemucatan adalah 0,927 dan pada minyak hasil perlakuan pemucatan bervariasi dari 0,920 sampai 0,930. Diduga reaksi oksidasi pada minyak kananga dapat menyebabkan kenaikan nilai bobot jenis. Reaksi ini dapat terjadi pada senyawa beta-kariofilen membentuk senyawa hidrokarbon-O (hidrokarbon yang bergugus fungsional oksigen) yang mempunyai bobot molekul lebih tinggi sehingga nilai bobot jenis minyak bertambah. Perlakuan terbaik yang menghasilkan nilai bobot jenis terendah adalah

pada penambahan zeolit aktif 3 persen pada suhu 60°C. Perlakuan ini menghasilkan nilai bobot jenis sebesar 0,920.

Indeks Bias

Hasil analisis indeks bias minyak kananga yang dihasilkan dari perlakuan pemucatan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 10. Dari Tabel 10 tersebut dapat dilihat bahwa nilai indeks bias minyak kananga hasil perlakuan pemucatan berkisar antara 1,5025 sampai 1,5038. Nilai indeks bias terendah dihasilkan dari penambahan zeolit alam 3 persen pada suhu 50°C dan nilai indeks bias tertinggi dihasilkan dari penambahan zeolit aktif pada suhu 60°C. Besar kecilnya indeks biaberhubungan dengan perbandingan komponen-komponen yang ada, molekul-molekul yang berantai panjang (seperti sesquiterpene) dan molekul-molekul yang relatif tinggi ikatan tidak jenuhnya atau banyak gugusan oksigennya dapat menyebabkan kerapatan medium minyak bertambah sehingga lebih sukar membiaskan cahaya yang datang. Hal ini menyebabkan indeks bias menjadi lebih besar (Guenther, 1952; Lawrence, 1981). Nilai indeks bias hasil percobaan tersebut pada umumnya dibandingkan dengan standar mutu SNI 06-3949-1995 minyak kananga masih memenuhi persyaratan mutu.

Tabel 10. Hasil analisis indeks bias minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Indeks Bias Minyak Kananga Suhu pemucatan	
		50°C	60°C
		A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%) B ₂ (6%) B ₃ (9%)
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%) B ₂ (6%) B ₃ (9%)	1,503 1,503 1,503	1,503 1,503 1,503

Keterangan, (*): Rata-rata dari dua kali ulangan.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak berbeda nyata terhadap nilai indeks bias minyak kananga yang dihasilkan, demikian juga dengan perlakuan terhadap suhu pemucatan. Penurunan nilai indeks bias minyak kananga hasil pemucatan dapat disebabkan karena terjadinya hidrolisis minyak membentuk asam dan alkohol yang menyebabkan kerapatan minyak kananga menjadi berkurang, sehingga sinar lebih mudah dibiaskan. Penurunan nilai indeks bias tersebut dapat pula disebabkan karena hilangnya komponen-komponen pembentuk warna yang diadsorpsi oleh zeolit dan pengikatan logam

oleh asam terlarut. Perlakuan terbaik yang menghasilkan nilai indeks bias terendah adalah perlakuan penambahan zeolit alam 3 persen pada suhu 50°C.

Putaran Optik

Hasil analisis nilai putaran optik minyak kananga yang dihasilkan dari perlakuan pemucatan yang dilakukan disajikan pada Tabel 11. Dari Tabel 11 tersebut dapat dilihat bahwa nilai terendah putaran optik diperoleh pada penambahan zeolit alam 3 persen pada suhu 50°C, sedang nilai tertinggi putaran optik diperoleh dari hasil pemucatan pada penambahan zeolit aktif 9 persen pada suhu 60°C. Nilai rata-rata putaran optik hasil perlakuan adalah -17,29. Pada putaran optik tanda (-) menunjukkan bahwa minyak kananga dapat memutar bidang polaritas cahaya ke kiri. Nilai putaran optik hasil percobaan tersebut pada umumnya dibandingkan dengan standar mutu SNI.06. 3949 - 1995 mutu minyak kananga masih memenuhi persyaratan mutu.

Tabel 11. Hasil analisis putaran optik minyak kananga yang dihasilkan dari pemucatan (*).

Perlakuan	Persentase jumlah bahan perlakuan	Putaran Optik Minyak Kananga Suhu pemucatan	
		50°C	60°C
		A ₁ (Zeolit aktif)	B ₁ (3%) B ₂ (6%) B ₃ (9%)
A ₂ (Zeolit alam)	B ₁ (3%) B ₂ (6%) B ₃ (9%)	-17,92 -17,45 -16,98	-17,67 -17,30 -17,14

Keterangan, (*): Rata-rata dari dua kali ulangan.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, ternyata perlakuan penambahan jenis zeolit, jumlah persentase zeolit yang ditambahkan dan suhu pemucatan berpengaruh nyata terhadap nilai putaran optik. Penambahan jenis zeolit aktif memberikan nilai putaran optik yang lebih tinggi pada berbagai konsentrasi dibandingkan dengan penambahan jenis zeolit alam, baik pada konsentrasi maupun suhu yang sama. Semakin besar jumlah zeolit aktif atau zeolit alam yang ditambahkan, maka nilai putaran optik semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena baik zeolit aktif dan zeolit alam menyerap komponen minyak kananga yang memutar bidang polarisasi ke arah kiri sehingga arah putaran bidang polarisasi sedikit berubah. Arah putaran optik tergantung pada komponen yang terkandung dalam minyak tersebut (Guenther, 1952).

Dari Tabel 11 juga terlihat bahwa semakin tinggi suhu, maka nilai putaran optik

juga semakin tinggi. Hal ini diduga dapat disebabkan karena terjadinya transmisi (perpindahan) elektron ke keadaan terbangkitkan enerjinya yang berenergi lebih tinggi. Pada keadaan ini, elektron bersifat labil, dan turun lagi ke tingkat yang lebih rendah dengan melepaskan energi. Energi yang dilepas tersalurkan dalam reaksi kimia isomerisasi. Reaksi ini dapat menyebabkan perubahan putaran optik minyak kananga.

Kelaruatan Dalam Etanol 95 persen

Pada umumnya minyak kananga hasil pemucatan yang dihasilkan larut dalam etanol dengan tingkat kelaruatan dalam etanol 95 persen 1 : 0,5. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan pemucatan minyak kananga dengan penambahan zeolit aktif atau zeolit alam pada berbagai tingkat konsentrasi zeolit yang ditambahkan serta suhu pemucatan yang dicobakan tidak memberikan pengaruh yang cukup berarti terhadap nilai kelaruatan minyak kananga. Kelaruatan minyak dalam alkohol/etanol ini pada umumnya dibandingkan dengan standar mutu SNI. 06. 3949 - 1995 minyak kananga, jelas masih memenuhi persyaratan mutu, karena pada perbandingan 1 : 0,5 larut dan jernih. Kelaruatan minyak kananga dalam alkohol/etanol ditentukan oleh jenis komponen kimia yang terkandung di dalam minyak atsiri tersebut. Pada umumnya minyak atsiri mengandung persenyawaan terpena beroksigen, yang menyebabkan senyawa ini mudah larut daripada yang mengandung terpena. Makin tinggi kandungan terpena maka daya larut minyak dalam alkohol makin kecil (Guenther, 1952; Lawrence, 1981).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

Minyak kananga awal asal Boyolali, Jawa Tengah yang berwarna gelap mempunyai nilai transmisi 11,2 persen, kandungan ion logam Pb, Zn dan Fe dengan kadar masing-masing, yaitu 3,85 ppm, 18,21 ppm, dan 20,46 ppm. Warna gelap minyak kananga berasal dari kandungan logam tersebut.

Kinerja bahan pemucat zeolit yang terbaik digunakan untuk pemucatan minyak kananga bersama asam tartarat 3 persen adalah zeolit aktif dengan konsentrasi penambahan sebanyak 6 persen dan 9 persen. Kombinasi zeolit aktif dan asam tartarat tersebut menghasilkan minyak kananga hasil pemucatan dengan nilai transmisi 31,21 persen dan bilangan

ester 36,65 dengan rendemen minyak 82,4 persen serta dengan nilai transmisi 33,64 persen, bilangan ester 36,20 dan rendemen minyak 80,1 persen.

Perlakuan pemucatan minyak kananga dengan zeolit, baik zeolit aktif ataupun zeolit alam pada beberapa tingkat konsentrasi yang dicobakan dan asam tartarat 3 persen tidak berpengaruh terhadap nilai bobot jenis, indeks bias, bilangan ester dan kelaruatan dalam etanol 95 persen.

Perlakuan pemucatan terbaik minyak kananga warna gelap/kasar asal Boyolali, Jawa Tengah ditinjau dari tiga parameter penting, yakni rendemen, nilai transmisi dan bilangan ester serta aspek mutu minyak kananga yang dihasilkan adalah kombinasi perlakuan zeolit aktif 6 persen dan asam tartarat 3 persen dengan pada suhu pemucatan 50°C. Perlakuan ini menghasilkan minyak kananga dengan rendemen minyak 82,4 persen, nilai transmisi 31,21 persen, bilangan ester 36,65; bobot jenis 0,926; indeks bias 1,5032; putaran optik -17,35; kelaruatan dalam etanol 95 persen 1 : 0,5; kandungan logam Pb 1,14 ppm, logam Zn 6,51 ppm dan logam Fe 3,12 ppm.

Saran

Kinerja dan efektifitas penggunaan zeolit dalam peningkatan mutu komoditas minyak atsiri lain perlu dikaji dan dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiansyah, E. (1997). *Studi Penyulingan Minyak Kananga (Canangium odoratum Baill) secara Terfraksinasi*. Skripsi S1 Kehutanan, Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Wiyana Mukti, Jatiningor - Sumedang.
- Dewi, Y.S.K. (1994). *Aktivasi Zeolit Untuk Pemucatan dan Hidrogenasi Minyak Sawit Dengan Katalis Ni*. Tesis S₂ (Master Tesis) Fakultas Pasca Sarjana UGM. Fakultas Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Ewing, G.W. (1985). *Instrumental Methods of Chemical Analysis, Fifth edition*. FAO of the United Nations. Rome.
- Guenther, E. (1952). *The Essential Oils, Vol. 7*. Robert Kriger Publishing, Co, Inc. Hunntington, New York.

- Harding, W.B. (1967). "Metallic Coating" di dalam *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 13, 2nd edition*, ed. By Mark, H.F., Mc.Ketta, J.J. Othmer, D.F. and Standen, A. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Harjula, R. (1993). "Ion Exchange and Hydrolisis Reaction in Zeolit". *Report Series Radio - Chemistry 8*. BATAN- FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Karmelita, L. (1991). *Mempelajari Cara Pemucatan Minyak Daun Cengkeh Dengan Asam Tartarat*. Skripsi S1 Jurusan Teknologi Industri Pertanian, IPB. Fateta, IPB, Bogor.
- Ketaren, S. dan Rina (1994). "Mempelajari Cara pemucatan dan Pengaruh Bahan Pemucat Terhadap Warna Serta Sifat Fisko-Kimia Minyak Kenanga". *Jurnal Teknol. Industri pertanian Vol IV No, 3 : 59 -68*.
- Lawrence, B.W. (1981). "Progress in essential Oils". *Perfumer and Flavorist, 6 : 48 - 49*.
- Masada, J. (1972). *Analysis of Essential Oils By Gas Chromatography and Spectrometry*. John Wiley, New York.
- Moestafa, A. (1995). "Studi Komponen Minyak Kananga Asal Nabire, Jawa dan Ylang-Ylang Asal Perancis Secara Khromatografi Gas dan Spektrometri Massa". *Komunikasi IHP No. 3 : 28 - 35*.
- Nurlydia, D., Dharma, G. dan Moestafa, A. (1992). "Sifat-Sifat Fisiko Kimia Beberapa Jenis Minyak Atsiri Indonesia dan Sidik Jari Khromatografim Gas Pada Fasa Cair OV Silicone 101". *Warta IHP Vol. 9 No. 1-2 : 37 - 44*.
- Setiadji, B. (1996). *Novel Uses of Natural Zeolite*. Makalah Joint Seminar - Novel uses of Inorganic Natural Resources in Yogyakarta, May 1996. FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia (1995). SNI. 06. 3949 - 1995. *Mutu dan Cara Uji Minyak Kananga*. Dewan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sujatmaka (1987). "Bertanam Kenanga". *Majalah Trubus No. 212 Th. XVIII : 39*.
- Sutarti, M. (1994). *Zeolit Tinjauan Pustaka*. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, Jakarta.