

STUDI PENENTUAN SIFAT-SIFAT FISIK DAN TERMOFISIK DAUN NILAM ACEH

Edy Mulyono^{*)}, Atjeng M Sjarief^{**)} dan Supriyono^{***)}

^{*)}Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

^{**)Institit Pertanian Bogor, ^{***)}Alumni Fakultas IPB}

RINGKASAN

Tanaman nilam (*Pogostemon cablin* BENTH) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri utama Indonesia. Oleh karena itu, peningkatan penanganannya baik pra panen maupun pasca panen harus senantiasa diupayakan. Studi penentuan tentang sifat fisik dan termofisik daun nilam merupakan upaya menuju optimasi dalam merancang sistem penanganan pascapanennya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kadar air, berat jenis tumpukan semakin bertambah besar, sedangkan rasio ruang antar partikel semakin kecil. Berat jenis "Apparent" turun sampai pada kadar air 27.37 %, kemudian naik sampai 80.54 %. Penambahan beban berat yang lebih tinggi akan meningkatkan nilai berat jenis tumpukan dan berat jenis "Apparent", sedangkan rasio ruang antar partikel semakin kecil. Luas permukaan spesifik mengalami kenaikan sampai pada kadar air 27.37 % dan kemudian turun sampai 80.54 %. Luas permukaan total dan volume mengalami kenaikan dengan semakin tinggi tingkat kadar air. Pada pembebanan yang diperbesar, luas permukaan spesifik semakin bertambah besar. Semakin tinggi tingkat kadar air daun nilam, maka panas jenisnya semakin tinggi pula. Pada tingkat kadar air yang lebih rendah atau semakin lama pelayuan, maka panas jenisnya semakin menurun. Disamping itu lama pelayuan juga berpengaruh terhadap sifat fisik minyaknya yaitu terhadap putaran optiknya.

ABSTRACT

Determination physical and thermophysical characteristic of patchouly leaf

As a potential commodity, patchouly (*Pogostemon cablin* BENTH) has significant prospect to be developed, because the essential oil of this commodity is profitable. A study of physical and thermophysical properties of patchouly leaves was carried out. The objectives of this study were to experimentally determine the physical dimensions, bulk density, apparent density, inter particle space ratio and specific heat of patchouly leaves. While effecting the moisture content secured, the bulk density, total surface area, volume and specific heat value will increased with the increasing of moisture content. On the otherhand, inter particle space ratio decreased with the increasing of moisture content. The apparent density value was first decreased at the moisture content up to 37.37%, then increased up to 80.54% (m.c.). On the other hand, specific surface area value increase to a moisture content 27.37%, and decrease to 80.54% (m.c.). The bulk density, apparent density and specific surface area value increase as the load increase. However, interparticle space ratio decrease as the load increase. Physico-chemical properties, particularly optic rotation was given depending on the level of moisture content.

PENDAHULUAN

Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yang pengusahaannya di Indonesia terus ditingkatkan baik melalui teknik budidaya, pasca panen maupun perluasan areal. Tanaman ini dapat tumbuh mulai dari daerah dataran rendah sampai pada ketinggian 2 000 m dpl. Tanaman ini juga sangat toleran terhadap naungan, sehingga mempunyai peluang untuk dikembangkan sebagai tanaman sela tanaman perkebunan berumur panjang (ANON., 1975a; ANON., 1986) Di Indonesia tanaman ini telah dibudidayakan di daerah Jawa Barat, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu dan Aceh.

Nilam adalah salah satu komoditas ekspor yang penting bagi Indonesia yang merupakan salah satu pemasok utama minyak nilam dunia, yang kontribusinya mencapai 90% (400-450 ton) dari total produksi minyak nilam dunia yang jumlahnya sekitar 500-550 ton per tahun (ANON., 1987).

Minyak nilam diperoleh dari hasil ekstraksi daun tanaman nilam, oleh karena itu penanganan bahan baku sebelum pengolahan merupakan aspek yang penting karena dapat mempengaruhi mutu hasil minyaknya. Secara umum dapat dikatakan bahwa nilai komersial minyak nilam dipengaruhi oleh mutu bahan bakunya.

Dalam usaha peningkatan mutu hasil pascapanen pengetahuan tentang sifat fisik dan termofisik hasil pertanian sangat dibutuhkan (WAZIRI dan MITTAL, 1983). Informasi tentang sifat-sifat fisik dan termofisik tersebut, khususnya daun nilam

belum tersedia. Data tentang sifat-sifat fisik dan termofisik sangat penting terutama untuk merancang sistem penanganan pasca panennya antara lain pengeringan, penyimpanan, pengemasan dan aerasi (SHEPHERD dan BHARDWAJ, 1986). Sifat-sifat fisik hasil pertanian tersebut antara lain kadar air, ukuran, rasio ruang antar partikel, berat jenis tumpukan. Sedangkan sifat-sifat termofisik yang sering diperlukan dalam penanganan hasil pascapanen adalah panas jenis, panas laten penguapan dan konduktifitas panas (MOHSENIN, 1970).

Kadar air hasil pertanian pada saat panen biasanya masih terlalu tinggi. Hasil pertanian yang berupa biji-bijian ataupun daun yang mengandung kadar air tinggi cenderung mengalami kerusakan lebih cepat dari pada yang memiliki kadar air lebih rendah. Proses respirasi yang masih berlangsung dengan kadar air tinggi akan memudahkan mikroorganisme berkembang cepat dan merusak bahan. Penurunan kadar air sampai batas tertentu dapat memperlambat laju kerusakan daun ataupun biji-bijian akibat aktifitas biologi dan kimia pada saat bahan belum diolah. Disamping itu pada kadar air yang rendah untuk suatu hasil minyak akan dapat meningkatkan rendemen ekstraksinya.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat-sifat fisik dan termofisik daun nilam yang meliputi ukuran, luas permukaan spesifik, berat jenis apparent, berat jenis tumpukan, rasio ruang antar partikel, panas jenis serta sifat fisik minyak nilam selama proses pelayuan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) dan Laboratorium Food Process Engineering (FPE), Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.

Bahan yang digunakan adalah daun nilam (*Pogostemon cablin* BENTH) yang berasal dari Kebun Percobaan Cimanggu, Bogor. Umur panen

12 bulan dengan kandungan air awal sekitar 80.54%

Pengukuran Sifat Fisik Daun Nilam

Kadar air

Kadar air awal daun nilam ditentukan dengan menggunakan metode pengukuran Bidwell-Sterling (SP-SMP-7-1975) (ANON., 1975b).

Dimensi dan berat

Dimensi (tebal) daun nilam diukur dengan jangka sorong (SHEPHERD dan BHARDWAJ, 1986), dan luas permukaan daun nilam diukur dengan leaf area metres. Pengukuran dimensi dan berat dilakukan terhadap 50 lembar daun nilam yang diambil secara acak, yang telah ditentukan kadar airnya. Pengukuran berat dilakukan dengan menggunakan timbangan analitis digital.

Rasio ruang antar partikel

Rasio ruang antar partikel ditentukan dengan menggunakan metode air yang dipindahkan. Contoh daun (diameter dan beratnya telah ditentukan) ditimbang dalam wadah yang berisi air pada suhu 27°C. Dengan mengetahui berat air yang dipindahkan serta volume wadah pada ketinggian permukaan bahan yang terendam air, maka dapat dihitung rasio ruang antar partikel (ϵ) menurut persamaan (1). Untuk menjaga agar permukaan daun nilam tetap bersesuaian dengan permukaan air, wadah diperlengkapi dengan beban pengatur ketinggian, yang dibuat sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan bias dalam pengukuran.

$$\epsilon = \frac{W_4 - W_3}{\rho V} \times 100 \quad (1)$$

dimana :

- W3 = berat wadah dan contoh bahan (kg)/*partial weight of leaves and beaker glass, (kg)*
 W4 = berat wadah, contoh bahan dan air (kg)/*total weight of leaves, beaker glass and water, (kg)*
 P = massa jenis air (kg/m³)/*density of water, kg/m³*
 V = volume wadah yang berisi contoh bahan (m³)/*volume of beaker glass at a height of the sample surface, m³*

Berat jenis apparent dan berat jenis tumpukan

Berat jenis tumpukan dicari dengan pembagian berat daun nilam dengan volume total tumpukannya (MOHSENIN, 1970). Bahan dimasukan kedalam wadah yang telah diketahui berat dan diameternya, kemudian ditimbang dan diukur tinggi permukaannya. Berat jenis tumpukan dihitung dengan persamaan (2).

$$P_t = \frac{W_1 - W_2}{V} \quad (2)$$

Setelah didapat nilai berat jenis tumpukan dan rasio ruang antar partikel, maka berat jenis apparent dihitung dengan persamaan (3) (MOHSENIN, 1970).

$$P_a = \frac{P_t}{(1 - \epsilon)} \quad (3)$$

dimana :

- P_a = berat jenis apparent (kg/m³)/*apparent density, kg/m³*
 P_t = berat jenis tumpukan (kg/m³)/*bulk density, kg/m³*
 ε = rasio ruang antar partikel (%) / *inter particle space ratio, %*

Luas permukaan spesifik

Luas permukaan spesifik dihitung dengan persamaan 4.

$$a_s = S/V (1 - \epsilon) \quad (4)$$

dimana :

- a_s = luas permukaan spesifik (m²/m³)/*specific surface area, m²/m³*
 V = volume (m³)/*volume, m³*
 S = luas permukaan total (m²)/*total surface area, m²*

Penentuan panas jenis

Metode yang digunakan untuk menentukan panas jenis daun nilam adalah metode campuran (method of mixtures) dan perhitungannya dilakukan dengan menggunakan persamaan (5), (6) dan (7) (MOHSENIN, 1980., OSHITA, 1991).

$$T_r = T_x - T_o - \delta T + x \delta T_i + \frac{T_f - \delta T_i}{T_f - T_i} \frac{T_o + T_x}{2} - (\Sigma T + \frac{T_o + T_x}{2} \cdot x T_i) \quad (5)$$

$$H_c = \frac{C_2 W_2 (T_2 - T_e + T_r) - C_1 W_1 (T_e - T_1 - T_r)}{(T_e - T_1 - T_r)} \quad (6)$$

Persamaan 5 dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan panas jenis sebagai berikut:

$$C_2 = \frac{C_1 W_1 (T_e - T_1 - T_r) + H_c (T_e - T_1 - T_r)}{W_2 (T_2 - T_e + T_r)} \quad (7)$$

dimana :

- C₁ = panas jenis air dingin (Kj/kg°C)/*specific heat of water, kj/kg°C*
 C₂ = panas jenis air panas atau sampel (Kj/kg°C)/*specific heat of hot water or sample, kj/kg°C*

W1	= berat air dingin (kg)/weight of cold water, kg
W2	= berat air panas atau sampel (kg)/weight of hot water or sample, kg
Te	= suhu keseimbangan ($^{\circ}\text{C}$)/equilibrium temperature, $^{\circ}\text{C}$
To	= suhu awal air dingin ($^{\circ}\text{C}$)/initial cold water temperature, $^{\circ}\text{C}$
T1	= suhu awal air dingin ($^{\circ}\text{C}$)/initial cold water temperature, $^{\circ}\text{C}$
T2	= suhu akhir ($^{\circ}\text{C}$)/final temperature, $^{\circ}\text{C}$
Tr	= suhu koreksi kalorimeter ($^{\circ}\text{C}$)/corection temperature of calorimeter, $^{\circ}\text{C}$
Tx	= suhu akhir periode keseimbangan ($^{\circ}\text{C}$)/final temperature of equilibrium period, $^{\circ}\text{C}$
δT	= kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$)/increasing temperature, $^{\circ}\text{C}$
δT_f	= suhu rata-rata dua interval pada periode keseimbangan ($^{\circ}\text{C}$)/average temperature of two interval in equilibrium period, $^{\circ}\text{C}$
δT_i	= suhu rata-rata dua interval pada periode awal ($^{\circ}\text{C}$)/average temperature of two interval on initial period, $^{\circ}\text{C}$
ΣT	= jumlah suhu pada beberapa interval pada periode keseimbangan ($^{\circ}\text{C}$)/total temperature on some interval of equilibrium, $^{\circ}\text{C}$
x	= interval waktu ($x=3$) (detik)/time interval ($x=3$), sec.
Hc	= kapasitas panas kalorimeter ($\text{kJ}/^{\circ}\text{C}$)/heat capacity of calorimeter, $\text{kJ}/^{\circ}\text{C}$

Penentuan sifat fisik minyak nilam

Sifat fisik minyak nilam yang diukur meliputi bobot jenis, indeks bias, putaran optik dan kelarutan dalam alkohol 25 persen. Bobot jenis minyak nilam ditentukan menurut metode pengujian SP-SMP-17-1975. Indeks bias minyak nilam ditentukan menurut metode pengujian SP-SMP-16-1975. Putaran optik dari minyak nilam ditentukan menurut metode pengujian SP-SMP-18-1975, dan kelarutan dalam alkohol 95 % ditentukan dengan metode pengujian Essential Oil Association (E.O.A) No. 102 (ANON., 1970).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik dimensi

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar air nilam, maka tebal, luas permukaan dan berat dari 50 lembar daun nilam semakin bertambah besar (Tabel 1).

Berat jenis tumpukan, berat jenis apparent dan rasio ruang antar partikel

Pada tingkat kadar air yang lebih tinggi dari kadar air 17.62%, maka berat jenis tumpukan semakin bertambah besar. Sedangkan rasio ruang antar partikel semakin kecil. Berat jenis "apparent" turun sampai pada kadar air 27.37% (Tabel 2).

Tabel 1. Nilai rata-rata karakteristik dimensi dan berat daun nilam pada berbagai variasi kadar air
Table 1. Average value of characteristic of patchouly leaves dimensions and weight at various moisture content

Kadar air (%bb) Moisture content, (% w.b.)	Tebal Thickness, (mm)	Luas permukaan Surface area, (cm^2)	Berat 50 lembar daun Weight of 50 leaves, (g)
17.62	0.12 ± 0.02	15.73 ± 4.60	7.13 ± 0.04
22.21	0.12 ± 0.03	15.99 ± 4.65	7.15 ± 0.04
27.37	0.13 ± 0.02	16.21 ± 4.73	7.27 ± 0.04
73.48	0.15 ± 0.04	24.57 ± 7.48	23.24 ± 0.11
80.54	0.23 ± 0.06	29.29 ± 8.66	33.75 ± 0.21

Tabel 2. Pengaruh kadar air terhadap berat jenis tumpukan, berat jenis apparent, dan rasio ruang antar partikel daun nilam
 Table 2. Effect of moisture content on bulk density, apparent density and inter particle space ratio of Patchouly leaves

Kadar air (%bb) Moisture content (% w.b.)	Beban/ Weight (g)	Berat jenis/ tumpukan/ bulk Density (kg/m ³)	apparent/apparent	Rasio ruang antar partikel Inter particle space ratio (%)
17.62	72.10	19.89	64.04	68.94
	342.90	23.44	66.35	64.66
22.21	72.21	20.62	61.10	66.25
	342.90	24.77	65.92	62.41
27.37	72.21	21.32	52.70	59.53
	342.90	27.53	62.64	56.06
73.48	72.21	58.39	142.03	58.89
	342.90	111.60	243.73	54.21
80.54	72.10	70.26	161.97	56.62
	342.90	119.60	251.92	52.41

Hal ini disebabkan karena pertambahan berat jenis tumpukan pada kadar air 73.48% dan 80.59% sangat besar. Pada pemakaian beban, tampak bahwa dengan meningkatnya berat beban yang diberikan, berat jenis tumpukan dan berat jenis "apparent" makin bertambah besar. Sedangkan rasio ruang antar partikel semakin kecil. Hal ini karena dengan bertambahnya berat beban akan meningkatkan kepadatan bahan sehingga volume tumpukan bahan menjadi bertambah kecil.

Hubungan linier antara kadar air dengan berat jenis tumpukan, "apparent" dan rasio ruang antar partikel pada pembebanan 72.1 g ditunjukkan oleh persamaan berikut.

$$\rho_t = 2.79 + 0.80 \quad M \dots\dots\dots (8)$$

$$\rho_a = 22.56 + 1.67 \quad M \dots\dots\dots (9)$$

$$\epsilon = 68.38 - 0.14 \quad M \dots\dots\dots (10)$$

$$\rho_a = 16.23 + 2.10 \quad \rho_t \dots\dots\dots (11)$$

$$\epsilon = 68.42 - 0.17 \quad \rho_t \dots\dots\dots (12)$$

$$\epsilon = 68.98 - 0.07 \quad \rho_a \dots\dots\dots (13)$$

Nilai koefisien korelasi (r) berturut-turut adalah 0.99, 0.98, -0.82, 0.99, -0.77 dan -0.70. Sedangkan pada pembebanan sebesar 342.9 g hubungan liniernya ditunjukkan oleh persamaan berikut.

$$\rho_t = 1.64 \quad M - 10.95 \dots\dots\dots (14)$$

$$\rho_a = 3.28 \quad M - 7.22 \dots\dots\dots (15)$$

$$\epsilon = 64.68 - 0.15 \quad M \dots\dots\dots (16)$$

$$\rho_a = 14.24 + 2.02 \quad \rho_t \dots\dots\dots (17)$$

$$\epsilon = 63.34 - 0.09 \quad \rho_t \dots\dots\dots (18)$$

$$\epsilon = 63.75 - 0.04 \quad \rho_a \dots\dots\dots (19)$$

Nilai koefisien korelasi (r) berturut-turut sebesar 0.996, 0.99, -0.86, 0.999, -0.82 dan -0.79.

Luas permukaan spesifik

Luas permukaan spesifik daun nilam ditentukan berdasarkan hasil pengukuran rasio ruang antar partikel, volume dan luas permukaan total. Perhitungan luas permukaan total diperoleh dengan menggunakan alat pengukur luas daun. Sedangkan volume dihitung dari hasil perkalian luas permukaan total dengan tebalnya. Luas permukaan spesifik meningkat dari kadar air 17.62 % sampai dengan kadar air sebesar 27.37 %, kemudian turun pada kadar air 73.48 dan 80.54 % (Tabel 3). Hal ini disebabkan oleh kenaikan volume yang cukup besar, yaitu dari 1 - 10 % menjadi 74 - 83 %. Luas permukaan spesifik meningkat dengan bertambahnya berat beban yang diberikan. Sebab dengan

Tabel 3. Pengaruh kadar air terhadap volume, luas permukaan total dan luas permukaan spesifik daun nilam
 Table 3. Effect of moisture content on volume, total surface area and specific surface area of Patchouly leaves

Kadar air (% bb) Moisture content (% w.b.)	Volume/Volume (10^{-3} m^3)	Luas permukaan total Total surface area (10^{-4} m^2)	Beban/Loading (g)	Luas permukaan spesifik Specific surface (m^2/m^3)
17.62	1.89	15.73	72.10	2585.05
			342.90	2941.26
22.21	1.92	15.99	72.10	2810.74
			342.90	3130.54
27.37	2.11	16.21	72.10	3109.09
			342.90	3375.67
73.48	3.69	24.57	72.10	2737.32
			342.90	3048.84
80.54	6.74	29.29	72.10	1885.16
			342.90	2068.12

diperbesar pembebanan nilai rasio ruang antar partikel akan semakin kecil yang mengakibatkan luas permukaan spesifik bertambah besar.

Hubungan linier antara volume dan luas permukaan ditunjukkan oleh persamaan (20), dan pembebanan 72.1 g dan 342.9 g masing-masing ditunjukkan oleh persamaan (21) dan (22).

$$V = 0.321 S - 3.27 \quad (20)$$

$$V = 13.63 - 3.946 \times 10^{-3} a_s \quad (21)$$

$$V = 14.24 - 3.765 \times 10^{-3} a_s \quad (22)$$

Nilai koefisien korelasi berturut-turut sebesar 0.96, -0.87 dan -0.90.

Panas jenis

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar air daun nilam berbanding lurus terhadap panas jenisnya. Sehingga bila kadar air bertambah besar maka panas jenisnya meningkat (Gambar 1). Hal ini disebabkan air mempunyai panas jenis yang lebih besar dari pada daun nilam. Hubungan linier antara panas jenis dengan kadar air ditunjukkan oleh persamaan (23).

$$C_p = 0.58 + 0.06 M ; r = 0.99 \quad (23)$$

dimana : C_p = panas jenis, kJ°C

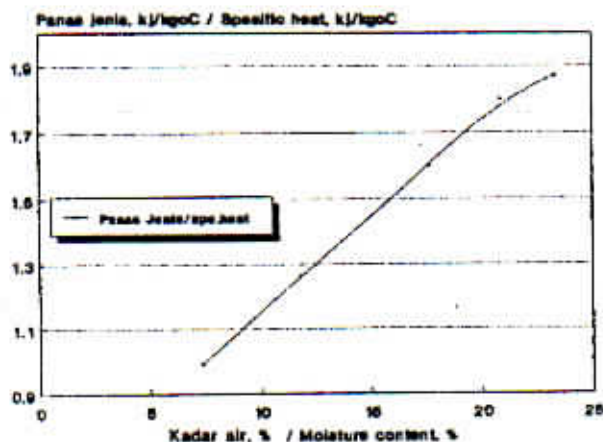
M = kadar air, %

Sifat fisik minyak daun nilam

Penurunan tingkat kadar air atau lama pelayuan dari daun nilam tidak berpengaruh nyata terhadap bobot jenis dan indeks bias minyaknya. Sedangkan nilai putaran optikanya dipengaruhi oleh lama pelayuan (Tabel 4).

Pada tingkat kadar air yang lebih rendah atau semakin lama waktu pelayuan, maka bobot jenis minyak makin naik. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya lama pelayuan akan semakin meningkatkan senyawa-senyawa dengan berat molekul ringan dalam bahan menguap pada saat pelayuan. Dengan perkataan lain, pada kadar air rendah, kandungan senyawa dengan berat molekul ringan menjadi lebih sedikit dari pada senyawa yang mempunyai berat molekul lebih berat. Pada kadar air yang lebih tinggi, bobot jenis makin menurun. Hal ini karena dalam suatu larutan bahan organik besarnya bobot jenis berbanding terbalik dengan jumlah senyawa yang mempunyai bobot molekul ringan.

Karakteristik fisik daun nilam seperti dimensi, dan ukuran seperti ditunjukkan dalam studi ini merupakan parameter penting yang dapat digunakan untuk mempertimbangkan fenomena yang berhubungan dengan penilaian warna dan



Gambar 1. Grafik hubungan antara kadar air dengan panas jenis daun nilam Aceh

Figure 1. Graph of the relationship between moisture content with specific heat of Patchouly leaf

Tabel 4. Pengaruh kadar air terhadap sifat fisik minyak daun nilam

Table 4. Effect moisture content on physico-chemical characteristic of Patchouly leaves

Kadar air (% bb) Moisture content (% bb)	Putaran optik Optic rotation	Bobot jenis Specific gravity 25/25°C	Indeks bias Refraction index 25°C	Kelarutan dlm. alkohol Soluble in alcohol 95%
17.62	-65° 22'	0.9674	1.4872	1 : 1
22.21	-58° 22'	0.9673	1.4861	1 : 1
27.37	-48° 22'	0.9614	1.4855	1 : 1
73.48	-	0.9511	1.4838	1 : 7
80.54	-	0.9509	1.4836	1 : 7

refleksi cahaya, serta pengembangan permesinan untuk sortasi dan pemutuan (grading machineries). Sedangkan berat jenis diperlukan dalam perhitungan difusitas panas (thermal diffusivity) yang berhubungan dengan masalah pindah panas, penentuan bilangan Reynold, sistem penanganan hidrolik dan pneumatik, dan pemisahan produk dari bahan yang tidak diinginkan (MOHSENIN, 1980). Pengetahuan karakteristik panas seperti panas spesifik, konduktivitas panas, difusitas panas sebagaimana karakteristik fisik lain, yaitu density, bentuk, ukuran merupakan peubah (variabel) penting, khususnya untuk merancang peralatan dan untuk menduga sistem pengolahan. Pengolahan

yang menggunakan energi panas dapat mencakup pemanasan, pendinginan, pengeringan dan pembekuan. Perubahan suhu yang terjadi selama pengolahan sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat panas dari produk tersebut. Panas spesifik merupakan informasi yang penting untuk menduga kelebihan beban panas dari operasi pengolahan yang diberikan sehingga dapat digunakan untuk menghemat energi yang diperlukan.

KESIMPULAN

Semakin tinggi tingkat kadar air, berat jenis tumpukan semakin bertambah besar. Sedangkan

rasio ruang antar partikel semakin kecil. Berat jenis "apparent" turun sampai pada kadar air 27.37 %, kemudian naik sampai pada kadar air 80.54 %. Penambahan beban berat yang lebih tinggi akan meningkatkan nilai berat jenis tumpukan dan berat jenis "apparent", sedangkan rasio ruang antar partikel semakin kecil.

Luas permukaan spesifik mengalami kenaikan sampai pada kadar air 27.37 % dan kemudian turun sampai kadar air 80.54 %. Luas permukaan total dan volume mengalami kenaikan dengan semakin tinggi tingkat kadar air. Pada pembebanan yang diperbesar, luas permukaan spesifik semakin bertambah besar. Semakin tinggi tingkat kadar air daun nilam, maka panas jenisnya semakin tinggi pula. Pada tingkat kadar air yang lebih rendah atau semakin lama pelayuan, maka nilai panas jenisnya semakin menurun. Disamping itu lama pelayuan juga berpengaruh terhadap sifat fisik minyaknya yaitu terhadap putaran optiknya. Secara teknis karakteristik fisik minyak nilam tidak mengalami perubahan yang berarti.

DAFTAR PUSTAKA

- ANONYMOUS, 1970. Pedoman Bercocok Tanam Nilam (*Patchouly*). Circular LPTI No. 16. Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- ANONYMOUS, 1975b. SP-SMP-7-1975. Departemen Perdagangan RI. Jakarta.
- ANONYMOUS, 1986. Penelitian dan Pengembangan Minyak Atsiri Indonesia. Balitro, Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- ANONYMOUS, 1987. Profil Komoditi Minyak Nilam (*Patchouly oil*). Badan Pengembangan Ekspor Nasional, Departemen Perdagangan, Jakarta.
- MOHSEENIN, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Material. Gordon and Breach Science Publisher, Inc., New York.
- MOHSEENIN, N.N. 1980. Thermal Properties of Food and Agricultural Materials. Gordon and Breach Science Publisher, Inc., New York.
- OSHITA, S. 1991. Thermodynamical Estimation of the Specific Heat of Rice. In : Basic of Thermodynamics and Its Application to The Study of Water Retained in Foods. Academic Development of Graduate Program. The Faculty of Agricultural Engineering and Technology. IPB. Bogor.
- SHEPHERD, H. and R. K. BHARDWAJ, 1986. Moisture dependent physical properties of Pigeon Pea. J. Agric. Eng. Res. 35 : 227-234.
- WAZIRI, A. N., and J. P. MITTAL, 1983. Design related physical properties of selected agricultural products. AMA, XIV(1):59-62.