

**PENGARUH POSISI DURIAN DALAM PENENTUAN
KEMATANGAN SECARA NON DESTRUKTIF
MENGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK** -

(The influence of position of durian in determination of ripeness of durian non-destructively by ultrasonic wave)

Bambang Haryanto¹, I Wayan Budiastara² dan Amoranto Trisnobudi³

ABSTRACT

The study was conducted to assess the influence of durian's position toward transmission properties of ultrasonic wave for determination of the fruit ripeness using non-destructive technique. Three ripe and unripe durians were used to assess transmittance wave that was passed the durian. The measurement was conducted at 3 peak and valley positions and it was repeated 20 times. The result showed that position durian's influenced the transmissions of ultrasonic wave. α and a (attenuation) values can be used as indicator for durian ripeness. Ripe durian tends to have higher α value than unripe durian.

PENDAHULUAN

Buah durian (*Durio zibhetinus*) merupakan salah satu dari beberapa buah yang masuk dalam buah ekasotik. Buah ini termasuk golongan buah klimaterik dan memiliki keunggulan rasa pada dagingnya. Di kota-kota besar harga durian relatif mahal, sehingga hanya lapisan masyarakat menengah keatas yang dapat menikmati buah ini

Produksi durian Indonesia selama 5 tahun terakhir mengalami fluktuasi, dari tahun 1992 sampai

tahun 1996 berturut-turut adalah 152.501 kg, 170.871 kg, 268.562 kg, 289.648 kg dan 267.106 kg (Napitupulu, 1998). Disamping produksi dalam negeri, Indonesia juga mengimpor durian dari Thailand yang pada tahun 1997 besarnya impor durian mencapai 756.856 kg dengan nilai 1086.185 dolar Amerika, sedangkan ekspornya 695.614 kg dengan nilai 642.822 dolar Amerika (Napitupulu, 1998). Dengan demikian impor durian mencapai 69% lebih besar dibanding ekspornya. Singapura, Taiwan,

¹ Mahasiswa program S3 pada Ilmu Keteknikan Pertanian IPB Bogor

² Staf Pengajar Fak. Teknologi Pertanian IPB Bogor

³ Staf Pengajar Teknik Fisika Fak. Teknik Industri ITB, Bandung

Malaysia, Timur Tengah dan Eropa tercatat sebagai negara importir durian dari Indonesia (Hutabarat, 1991).

Ketuaan durian yang optimal sangat tergantung pada kultivarnya. Durian jenis unggul dapat dipanen 90 -100 hari setelah bunga mekar, jenis medium 100 -115 hari setelah bunga mekar dan yang berumur lambat 140 -150 hari setelah bunga mekar (Anonimous, 1997). Sedangkan Adjid (1994) menyebutkan bahwa durian akan berbuah 4-5 bulan atau sekitar 120-150 hari setelah berbunga. Ketsa dan Pangkool (1995) melaporkan bahwa durian kultivar *chane* di Thailand dapat dipanen pada (106 ± 3) hari setelah bunga mekar.

Ketepatan pemanenan durian sangatlah berpengaruh terhadap mutu daging durian. Buah durian dapat dipetik pada umur tua tetapi belum matang bila diperam beberapa hari dapat matang (Syaifullah, 1998). Masyarakat Indonesia lebih menyenangi buah durian *jatohan* yaitu durian yang sudah matang dipohon dan jatuh dengan sendirinya. Jenis durian ini memiliki rasa paling enak karena secara fisiologis telah matang sempurna (Laksmi, 1978 dan Syaifullah, 1998). Pada buah durian yang sudah tua kemudian dipetik dan diperam rasa daging buahnya tidak seenak durian *jatohan* (Laksmi, 1978).

Masalah yang dihadapi oleh konsumen durian adalah bagaimana menentukan durian sudah matang, sebab aroma durian sebagai salah satu tanda kematangan dapat

dikelabui dengan menyemprot 'essence durian' pada durian yang belum matang. Untuk mengatasi hal tersebut maka dikembangkan metoda untuk mendeteksi tingkat kematangan durian secara non-destruktif. Gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk menentukan kematangan mangga dan alpukat (Mizrach et al, 1997). Budiastira dkk (1997) melaporkan bahwa gelombang ultrasonik dapat mendeteksi tingkat kematangan durian.

Gelombang ultrasonik yang ditransmisiikan pada buah durian sangat tergantung posisi pengukuran. Kerena itu perlu dilakukan penelitian sejauh mana perubahan posisi durian yang dilakukan dengan cara memutar buah tersebut berpengaruh terhadap nilai sinyal yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh posisi perambatan transmisi gelombang ultrasonik durian utuh dalam rangka untuk mengetahui tingkat kematangan buah durian secara non destruktif

LANDASAN TEORI

Gelombang adalah suatu gejala dimana terjadi penjalaran suatu gangguan melalui satu medium. Besaran gangguan dapat berupa medan listrik dan magnet (gelombang elektromagnetik), dapat pula berupa simpangan (gelombang tali, ombak dll) atau dapat pula berupa perpindahan partikel (gelombang ultrasonik). Keadaan disatu titik didalam medium akan kembali seperti semula setelah dilalui

gelombang atau dengan **perkataan** lain **partikel-partikel** medium **tersebut** akan bergetar di **titik** kesetimbangannya. **Partikel-partikel** suatu medium **tersebut** akan bergetar bila medium **tersebut** merupakan medium **elastis** dan oleh karena **itulah** gelombang **perpindahan partikel** disebut **gelombang elastik** (Amoranto, 1986). Gelombang elastik tergantung dari jenis medium yang **dilaluinya** dan gelombang elastik tidak mungkin terjadi di dalam ruang **hampa**, karena gelombang ini memerlukan partikel untuk menjarlar.

Berdasarkan besarnya frekuensi, gelombang elastik dapat dibagi tiga yaitu **(1)** gelombang infrasonik, **(2)** gelombang sonik dan **(3)** **gelombang** ultrasonik. Yang **dimaksud** gelombang sonik adalah gelombang elastik yang dapat **didengar** oleh telinga manusia yaitu **memiliki** frekuensi 20 hertz sampai 20 Khertz. Gelombang **sonik** ini sering disebut sebagai gelombang suara atau bunyi. Gelombang sonik ini analog dengan cahaya tampak, gelombang optik yang dapat dilihat. Sedangkan gelombang infrasonik adalah gelombang **elastik** yang mempunyai frekuensi dibawah 20 hertz sehingga tidak terdengar oleh telinga manusia. Gelombang infrasonik analog dengan sinar infra merah yang mempunyai frekuensi **rendah** sehingga tidak dapat dilihat. Gelombang ultrasonik adalah gelombang elastik yang mempunyai frekuensi lebih **besar** dari 20 Khertz sehingga tidak dapat **didengar** oleh telinga manusia. Gelombang ini analog dengan sinar

ultraviolet yang mempunyai **frekuensi** tinggi dan tidak dapat dilihat.

Pada dasarnya gelombang ultrasonik akan menjarlar **melewati** berbagai medium. **Selama** penjarlaran dalam medium, intensitas gelombang ultrasonik akan berkurang terhadap jarak yang ditempuh. **Penurunan** intensitas biasanya dinyatakan denga **satuan** desibel (dB) dan dinyatakan dalam persamaan 1 (Amoranto, 1986 dan **Cracknell** 1980)

$$\epsilon = 10 \log A_0 / A_x \quad (1)$$

dimana:

A_0 = intensitas mula-mula

A_x = intensitas **setelah** menempuh jarak x

Lebih lanjut **Amoranto** (1986) dan **Cracknell** (1980) menyebutkan bila yang ditinjau adalah tekanan akustik, maka intensitas dinyatakan dalam persamaan

$$20 \log P_0 / P_x \quad (2)$$

dimana

P_0 = tekanan mula-mula

P_x = **tekanan setelah** menempuh jarak x

Prinsip uji secara non destruktif pada buah durian adalah dengan melewatkan gelombang ultrasonik pada buah durian tersebut. Sifat buah bagian dalam yang **ingin** diketahui **misalnya** kekemasan, kemanisan dan keasaman dapat dideteksi dengan gelombang ultrasonik (Amoranto, 1998). Garret et al, (1972) melaporkan bahwa pada buah yang tidak berbiji seperti **apel** dapat ditentukan sifatnya dengan mengukur kecepatan gelombangnya.

Sedangkan pada buah-buahan berbiji seperti mangga, biasanya tidak ada hubungan yang jelas antara keadaan buah dengan kecepatan sehingga perlu dilakukan **pengukuran** atenuasi (Mizrach et al, 1997).

Parameter ultrasonik yang biasa digunakan untuk pengukuran **secara** non destruktif produk **pertanian** adalah kecepatan gelombang dan atenuasi. **Atenuasi** adalah **besaran** yang menggambarkan kehilangan suatu energi karena gelombang ultrasonik melewati medium tertentu. **Besarnya** energi yang **hilang** atau diabsorpsi oleh medium bergantung pada jenis mediumnya (Cracknell, 1980). Mizrach et al, (1989) melaporkan hubungan yang untuk mengetahui **koefisien** atenuasi seperti yang **ditunjukkan** pada persamaan

$$A_x = A_0 e^{-\alpha x} \quad (3)$$

dimana:

A_x = amplitudo gelombang x

A_0 = **amplitudo** gelombang **mula-mula**

x = tebal sampel (**m**)

a = atenuasi (db / m)

Atenuasi dapat digambarkan dengan power spectral density. Tingkat power spectral **density** dapat ditentukan dengan melihat besarnya luasan dibawah power spectral density yang dinyatakan dengan M_0 (Chang and Haugh 1994)

BAHAN DAN METODA PENELITIAN

Bahan Durian

Bahan yang digunakan adalah 3 buah durian **matang** dan 3 buah

durian mentah yang diperoleh dari **Warso Farm** desa Cihedeng kabupaten **Bogor**. Kultivar durian yang digunakan adalah durian unggul llokal **Sitokong**. Masing-masing durian diukur keliling, **berat** dan volume. Setiap durian **diberi** tanda 3 bagian gunung dan lembah. Yang dimaksud **gunung** adalah bagian durian yang menonjol yang diikuti bagian sisi sebaliknya tidak menonjol (lembah). **Setelah** diberi tanda, **tempat inilah** yang dilewatkan pada gelombang ultrasonik. Setiap posisi diukur sebanyak 20 kali baik durian **matang** maupun mentah. Untuk melihat perubahan sinyal maka sinyal gelombang dilmonitor di **layar** monitor.

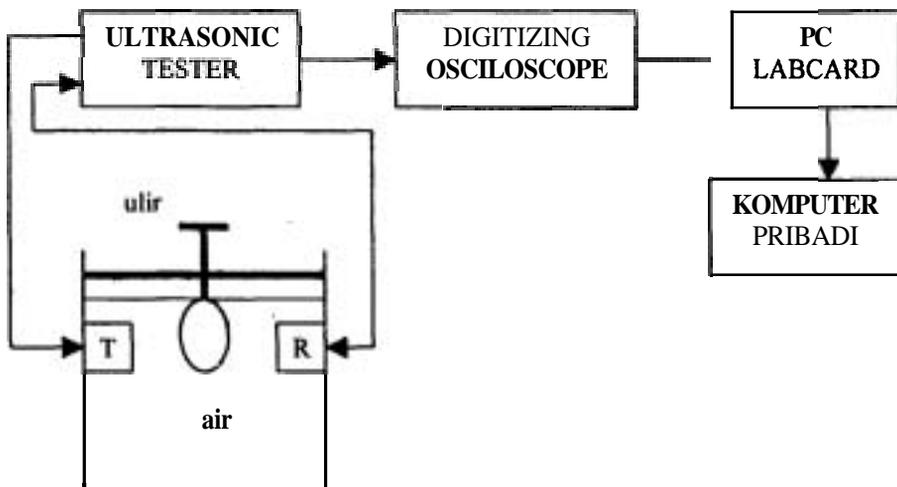
Metode: Pengukuran Sinyal.

Peralatan yang digunakan untuk mengukur sifat akustik buah adalah peralatan yang telah dirancang dan dibangun oleh Budiastira dkk (1997) terdiri dari beberapa komponen **yaitu** 1) ultrasonik tester yang terdiri dari komponen timing sirkuit, pulsa generator, pulsa **amplifier** dan voltage amplifier yang fungsinya mengirim gelombang ultrasonik yang telah dikuatkan ke transducer T dan menerima **serta** menguatkan gelombang ultrasonik yang telah **dirambatkan** ke buah **melalui** transducer penerima gelombang ultrasonik R; 2) transducer **pemancar** gelombang ultrasonik T; 3) transducer penerima gelombang ultrasonik R; 4) digital osciloscop, 5) PC-Lab card dan 6) personal computer. **Peralatan tersebut** dirangkai sedemikian rupa **sehingga**

dapat untuk mengukur sifat **ultrasonik** buah. Secara skema **bagian alat** pengukur gelombang ultrasonik **tersebut** disajikan pada **Gambar 1**.

Secara **ringkas** sistem kerja **Gambar 1** **adalah** sebagai berikut . Pulsa **dari** ultrasonik tester T_{out} **diumpangkan** ke transducer pemancar T yang akan merambatkan **gelombang** ultrasonik kedalam buah. **Setelah merambat** gelombang **ultrasonik** diterima oleh transducer **penerima** R yang kemudian **diteruskan** ke ultrasonik tester R_{in} . Sinyal yang keluar dari ultrasonik tester R_{out} **diamati** pada osciloscop digital dan disimpan. Rangkain **antar** muka PC Lab card signal yang tersimpan di **dalam** osciloscop digital diteruskan **ke** komputer untuk **diproses lebih lanjut**. Menggunakan perangkat **lunak** **MATLAB** sinyal akibat **interaksi antara** gelombang ultrasonik dan buah dapat **ditam-**

pilkan berdasarkan spektrumnya di layar. Besarnya nilai spektrum sinyal **dinyatakan dalam** bentuk zero moment power (M_0) yaitu **luasan** dibawah **kurva** sinyal **hasil** pengukuran. Selama ini nilai M_0 **telah dijadikan** parameter mutu **hasil pertanian** diantaranya untuk **kentang secara** non destruktif (Cheng, 1994). Pada pengukuran sifat akustik buah durian **ini** digunakan media air, yang dimaksudkan agar **transmisi** gelombang ultrasonik dapat **menembus** buah durian. Bentuk buah durian yang berduri **sulit** untuk menempelkan transducer sebagai sensor dengan sampel yang akan diukur. Sarkar et al, (1983) menggunakan media air untuk menghindari adanya gangguan udara pada sampel yang akan diukur sifat akustiknya.



Gambar 1 **Blok** diagram **peralatan** ultrasonik untuk menentukan tingkat **kematangan** buah durian

Pengukuran Sifat Fisik Buah Durian

Pengukuran **berat** jenis durian utuh dilakukan dengan **membandingkan berat** dan volume durian. **Berat** durian ditimbang dengan timbangan digital **Mettler PM-4800**, sedangkan volume durian diukur **dengan** metoda *water displacement* yaitu memasukkan durian pada bejana yang diisi air penuh. Dengan memasukkan durian kedalam bejana **maka** sebagian air akan tumpah. Air yang tumpah diukur volumenya dengan **gelas** ukur dan **menggambarkan** volume durian.

Pengukuran Sifat Fisiko Kimia Daging Durian

Kekerasan daging durian diukur dengan alat *force gauge* MFG-5 K, dengan satuan Newkg. Plunger pada alat ditekan pada daging durian sedalam 5 mm, nilai kekerasan akan ditunjukkan pada layar. Total **padatan** terlarut yang dapat menunjukkan **tingkat** kemanisan daging durian diukur dengan refraktometer digital **Atago PR-201**. Sampel daging durian diambil dan ditempelkan pada lensa yang **telah** disediakan pada alat tersebut. Kemudian **tombol** ditekan dan akan

tampak **nilai** total **padatan** terlarut dengan satuan **persen** briks. Parameter kematangan ditandai dengan tingkat kekerasan daging durian dan kemanisan **durian** yang ditunjukkan dengan nilai total **padatan** terlarut daging durian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat transmisi gelombang **ultra-**sonik buah durian **matang** dan durian mentah disajikan pada **Gambar 2**.

Berdasarkan nilai Mo yang diperoleh dari masing-masing pengukuran, uji statistik **beda** rata-rata antara posisi durian baik **matang** maupun mentah tidak memberi **perbedaan yang nyata**. Dengan demikian pengukuran durian dengan gelombang ultrasonik **yang diputar-putar** akan menghasilkan nilai Mo yang berbeda **namun** secara statistik tidak signifikan, baik durian **matang** maupun durian mentah. Nilai rata-rata Mo pada 3 posisi untuk durian **matang** dan mentah disajikan pada **Tabel 1**.

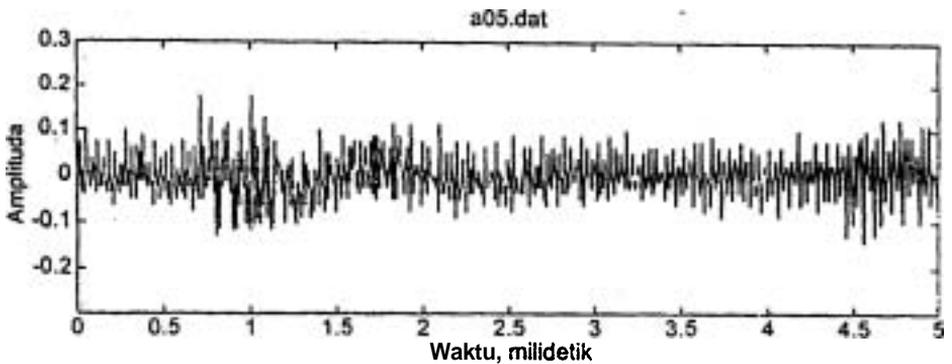
Dengan menggunakan **persamaan** (3) nilai atenuasi (**a**) durian mentah dan **matang** dengan posisi berbeda ditunjukkan pada **Tabel 2**

Tabel 1. Nilai rata-rata Mo durian **matang** dan mentah pada posisi yang berbeda

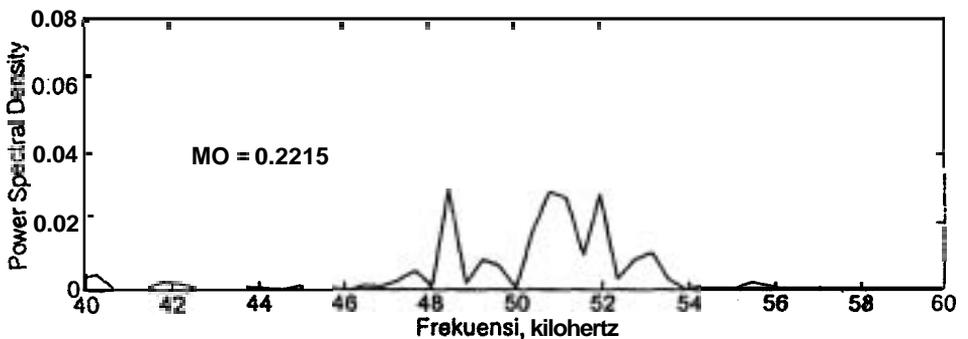
Percobaan	Matang				Mentah			
	a	b	c	Rata2	d	e	f	Rata2
1	0.0731	0.1056	0.0899	0.0895	0.1096	0.1086	0.0915	0.1033
2	0.0282	0.0292	0.0289	0.0288	0.0327	0.0389	0.0354	0.0356
3	0.1436	0.1312	0.1284	0.1344	0.1449	0.1383	0.1460	0.1431

Tabel 2. Nilai atenuasi (α) durian **matang** dan **mentah** dengan posisi berbeda

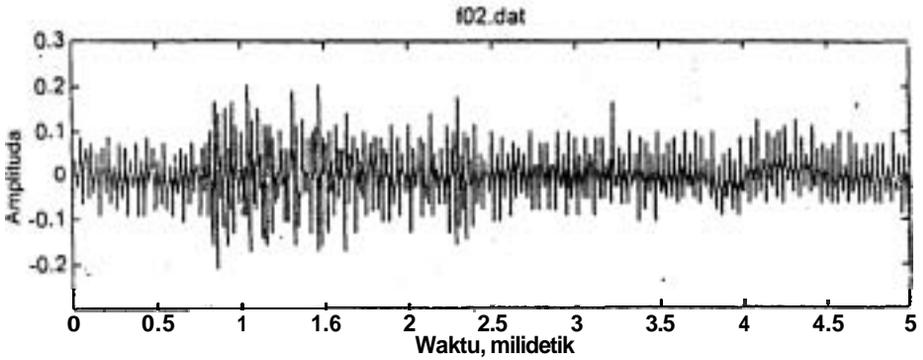
Perco baan	Matang (dB/m)				Mentah (dB/m)			
	a	b	c	Rata-2	d	e	f	Rata-2
1	11.955	10.286	11.023	11.68	10.120	10.160	10.943	10.41
2	22.066	21.895	22.044	22.00	17.092	16.242	16.709	16.68
3	10.551	10.965	11.152	10.89	7.803	8.058	7.884	7.92



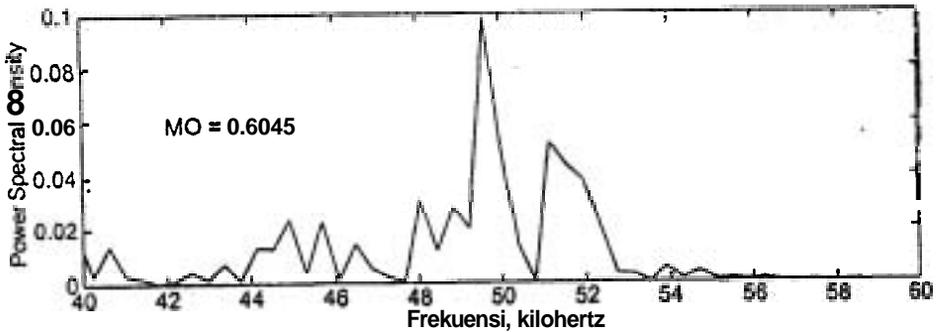
Gambar 2a. Spektrum signal ultrasonik setelah melewati durian **matang**



Gambar 2b. Besarnya nilai Zero moment power durian **matang**



Gambar 2c. Spektrum signal ultrasonik **setelah** melewati durian belum matang



Gambar 2d : Besarnya nilai Zero moment power (M_0) durian belum matang

Tabel 3. Sifat fisik dan kimia daging durian **matang dan** durian mentah

Pengukuran	Matang				Mentah			
	1	2	3	Rata2	1	2	3	Rata2
BJ (g/cm^3)	0.819	0.851	0.796	0.822	0.991	0.974	0.947	0.971
Kekerasan (N)	16.7	10.91	5.67	11.09	48.25	47.82	46.56	47.58
Total padatan terlarut (%briks)	33.60	34.82	30.12	32.85	11.91	10.54	5.67	9.37
M_0	0.0895	0.0288	0.1344	0.0843	0.1034	0.0356	0.1431	0.0940
Atenuasi (dB/m)	11.68	22.00	10.89	14.86	10.41	16.68	7.92	11.67

Pada **Tabel 2** terlihat adanya kecenderungan bahwa **durian matang** memiliki nilai α lebih tinggi dibanding nilai α durian mentah. **Meski** data pada **Tabel 2** belum tampak **signifikan** namun terdapat kecenderungan α durian **matang** lebih tinggi dibanding nilai α durian mentah. Kecenderungan **besarnya** nilai α durian **matang** disebabkan pada durian **matang** terjadi pengkerutan kulit sehingga antara daging dan kulit **terbentuk** rongga udara. Adanya rongga udara **ini** menyebabkan gelombang **ultrasonik** **sulit menembus** durian. Dengan demikian rongga udara menyebabkan **atenuasi** atau **hambatan** sinyal menjadi besar sehingga sinyal yang diteruskan menjadi kecil. Sebaliknya pada durian mentah **posisi** kulit masih tegar (belum mengkerut) dan daging durian **menempel** pada kulit. Dengan demikian **hambatan** sinyal pada durian mentah **relatif** kecil, karena belum terbentuknya rongga udara. Karena itulah nilai (α) pada durian mentah cenderung lebih kecil dibanding pada durian **matang**.

Baker dalam Pantastico (1986) melaporkan bahwa selama pematangan struktur **serabut** selulosa menjadi **longgar**, tergantung pada daya **larut zat-zat** pektin dan hemiselulosa yang terdapat diantara **serabut** kecil dalam **dinding** sel. **Perubahan** yang terjadi **kemudian** secara esensial hanya menyangkut susunannya **saja**. Dengan perubahan tebal **dinding sel**, se-sel menjadi bulat dan cenderung untuk memisahkan diri.

Durian matang memiliki berat jenis lebih kecil dibanding durian mentah. **Menurut** Ryal dan Pentzer (1986) dalam **Pantastico** menyebutkan bahwa buah-buahan sesudah **panen** akan meneruskan **sebagian** besar proses **hidup** yaitu **melakukan respirasi** yang menghasilkan **CO₂** dan **panas** serta menggunakan **O₂**. Disamping itu pada buah akan terjadi perubahan komposisi dan struktur **dinding sel** yang menyebabkan buah menjadi lunak. Keadaan ini terlihat pada durian yang **ditandai** dengan duri yang kaku pada durian mentah dan agak lunak pada durian **matang**. **Bila** buah durian belum **matang dipohon** dan telah **dipanen** maka selama **dibiarkan** dalam **suhu** kamar maka durian akan melakukan proses respirasi dan adanya etilen durian yang **semula** mentah menjadi **matang**. Dengan matangnya durian maka **berat** durian akan berkurang, demikian pula **berat** jenisnya akan **menurun**. Adapun lunaknya daging durian **matang** dipengaruhi oleh kandungan pektin dalam buah. Zat pektin yang tidak **larut** dalam air akan **berubah** selama **pematangan** menjadi pektin yang **larut** dalam air. Pelunakan jaringan buah dapat pula disebabkan oleh aktifitas enzim **misal** β galaktosidase dan ekso **poligalakturonase** serta aktifitas **mikroba**. Disamping itu pada durian **matang** kandungan daging buah yang mengandung karbohidrat diubah menjadi gula. Karena itu pada durian **matang** kandungan total **padatan terlarut** lebih tinggi dan lebih **manis**

dibanding pada durian mentah. **Tabel 3 menunjukkan** sifat fisik durian utuh (BJ) dan sifat fisiko kimia daging durian **serta** sifat akustiknya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian **ini** maka dapat disimpulkan :

1. Pengukuran durian secara non destruktif dengan **posisi** yang berbeda **menghasilkan transmisi** yang berbeda tetapi nilai Mo tidak berbeda nyata.
2. Besarnya nilai atenuasi (**a**) durian **matang** cenderung lebih besar dibanding durian mentah
3. Pada durian **matang** cenderung memiliki BJ lebih **rendah** dibanding durian mentah
4. Nilai kekerasan daging durian **matang** lebih **rendah** dibanding nilai kekerasan daging durian mentah
5. Total **padatan terlarut** daging durian **matang** lebih besar dibanding daging durian **mentah**

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana **atas** bantuan biaya dari RUT V. Untuk itu diucapkan terima kasih.

PUSTAKA

Adjid, D.A. (1994) Penuntun Budidaya Hortikultura (Durian). Proyek Peningkatan Produksi **Tanaman Pangan. Dinas Pertanian Tanaman Pangan** Propinsi Bengkulu. Bengkulu.

Anonimous (1997) Rancangan **Standar Nasional Indonesia No**

29 Tan 1997. **Dewan** Standarisasi Nasional. Jakarta

Budiastra. I.W. 1998. Pengembangan Teknologi Gelombang **Ultraso-nik** untuk penentuan **kema-tangan** dan kerusakan **buah-buahan** tropika secara non destruktif. **Laporan** Riset Unggulan Terpadu V. **Dewan** Riset Nasional. Jakarta.

Budiastra. **I.W.** 1998. Pengembangan **Teknologi** Gelombang Ultrasonik untuk **penentuan** kematangan **dan** kerusakan buah-buahan tropika secara non destruktif. **Laporan** Riset Unggulan Terpadu V. **Laporan Kemajuan Tahun II (1998/1999)**

Cheng, Y and C.G. **Haugh** (1994) Detecting hollow heart in potatoes using ultrasound. **Trans. ASAE 37(1): 217-222**

Cracknell, A.P. (1980) Ultrasonic. Whkeham Publication. London.

Garret, R.E and R.B. Furry. (1972) Velocity of sonic pulses in **appless**. **Trans. ASAE 15(4) 770-774**

Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia . **Koperasi Karyawan** Deptan. Jakarta

Hutabarat, L.S. **1990.Mutu** Buah Durian (*Durio zibethinus*) Varietas Okgg dan Sitokong Berdasarkan Waktu **Panen** dan Lama Penyimpanan. Thesis. **Pasca Sarjana. IPB. Bogor.**

Ketsa. S and S. **Pangkool (1995)** The effect of temperature and humidity on the ripening of durian **fruits**. **J. Horticultural Science. 70 (5) 827-831.**

- Laksmi, B. S. L. **1978**. Mutu Daging Buah Durian **Selama** Penyimpanan **Dalam** Lemari Beku. Thesis Sekolah Pasca Sarjana. IPB. **Bogor**.
- Mizrach A., N. **Galili** and G. Rosenhouse. **1989**. Determination of fruit and vegetable properties by ultrasonic Excitation. Trans. ASAE 32 (6) Novemembr - Desember
- Mizrach, A; U. **Flitsmon** and Y. Fuchs. **1997**. An ultrasonic **non** destructive method for measuring maturity of manggo fruit. Trans. ASAE **40 (4): 1107-1111**
- Napitupulu**. T.E.M. **1998**. Luas **Panen**, Rata-rata **Hasil** dan **Produksi** Hortikultura (**Sayuran** dan Buah-buahan). Direktorat Bina Program. Direktorat **Jendral Tanaman Pangan** dan Hortikultura. Jakarta.
- Pantastico. **ER.B. 1986**. Fisiologi Pasca **Panen** penanganan dan pemanfaatan buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan sub tropika. **Terjemahan** Kamaryani. **Gajah Mada University Press**. Yogyakarta.
- Sarkar, N and R.R. Wolfe. **1983**. Potential of ultrasonic measurement in food quality evaluation. Transaction of the ASAE. ST Joseph. MI. USA
- Syaifullah (1996)**. **Petunjuk** Memilih Buah Segar. Penebar Swadaya. Jakarta
- Trisnobudi, A. **1986**. Teori Dasar Ultrasonik . Laboratorium Uji Konstruksi. BPP Teknologi. Jakarta
- _____, 1998. Metoda Ultrasonik untuk **memperkirakan** Tingkat Kematangan Buah **tomat Cherry**. Seminar Nasional Penerapan **Teknologi Kendali** dan Instrumentasi pada Pertanian. BPP Teknologi Jakarta