

## KAJIAN SIFAT AKUSTIK BUAH MANGGIS (*Gracinia mangostana* L) DENGAN MENGGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK

[Acoustic Study of Mangosteene (*Gracinia Mangostana* L) by Using Ultrasonic Wave]

Jajang Juansah<sup>1)</sup>, I Wayan Budiastra<sup>2)</sup>, dan Suroso<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Fisika FMIPA IPB

<sup>2)</sup>Departemen Ilmu Keteknikan Pertanian FATETA IPB

Diterima 17 November 2006 / Disetujui 27 Agustus 2007

### ABSTRACT

The wave used to study the acoustic properties of mangosteen is ultrasonic wave. Ultrasonic wave with frequency of 50 kHz was used to determine acoustic properties of mangosteen. The main wave properties were the attenuation, impedance of acoustic and acoustic velocity at mangosteen. Others have been evaluated were the correlation of attenuation and acoustic velocity at parts of mangosteen with its intact mangosteen. The acoustic parameters were related to the physico-chemical parameters of the fruit (TDS and hardness). This relationship was used to study mangosteen properties and quality. Because of mangosteen structure and its pores (saw with low density), acoustic wave in mangosteen have low amplitude signal. It was saw with spectrum and FFT signal in mangosteen and reference medium / air (1,4 :2.3).

The fruit with increasing maturity mount (from color indeks 2 to 5) will experience hardness degradation, improvement of TDS, which are related to degradation of acoustic attenuation, improvement of acoustic speed and impedance. Multiple regression method was used to get empiric equation of wave in mixture of flesh – seed, husk and mangosteen (parts of mangosteen with its intact mangosteen).that saw in equation 1 and 2. The velocity and attenuation of ultrasonic wave in mixture of flesh - seed have higher effect equation on mangosteen than husk. It means that acoustic properties of mixture of flesh - seed has more contribution than husk.

**Key word:** Attenuation, velocity, impedance, ultrasonic, mangosteen

### PENDAHULUAN

Salah satu faktor penyebab rendahnya minat dari luar negeri terhadap buah manggis yang diekspor dari Indonesia adalah memiliki mutunya yang kurang terjamin. Beberapa penyebab kurang baiknya mutu manggis adalah teknik budidaya, variasi iklim, media tumbuh, pengemasan, umur petik, cara dan alat penentuan mutu yang dimiliki Indonesia belum begitu baik (Juanda dan Cahyono 2000). Penentuan kualitas manggis masih banyak dilakukan secara manual berdasarkan sifat fisik dan ukuran yang kasat mata. Penentuan ini bersifat subjektif, tidak merata, dan tidak dapat menentukan mutu bagian dalam buah.

Penentuan mutu bagian dalam buah manggis bisa dilakukan secara kimiawi atau destruksi. Namun buah yang sudah diuji tidak bisa dikemas untuk penjualan, bahkan tidak bisa dikonsumsi. Pengujiannya hanya bisa dilakukan dengan menggunakan teknik pengambilan contoh dari populasi yang ada, sehingga jumlah total buah tidak bisa diuji keseluruhannya dan buah yang dikemas masih dipertanyakan mutunya.

Salah satu kajian yang bisa menentukan karakteristik dan mutu buah manggis yang bersifat tidak merusak adalah dengan pemanfaatan gelombang ultrasonik (Kawano, 1993). Gelombang ultrasonik bisa menembus bagian dalam buah manggis sehingga bisa

menentukan parameter-parameter sifat dalam dari daging buah (Lutz et al., 2003). Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik. Perambatan gelombang tersebut dipengaruhi oleh medium yang dilaluinya. Sehingga adanya perubahan pada medium yang dilaluinya akan menyebabkan adanya perubahan sifat penjalaran gelombang (Chyung, 2000). Perubahan yang terjadi bisa berupa perubahan kecepatan, atenuasi, atau impedansi akustik. Kecepatan gelombang ultrasonik pada medium padat dipengaruhi oleh rapat massa, modulus young dan perbandingan poisson. Garret et al., (1972) telah menggunakan pengukuran kecepatan gelombang sebagai fungsi modulus young dan rapat massa medium yang dilaluinya (Haryanto, 2001).

Aplikasi teknologi gelombang ultrasonik pada komoditas pertanian telah berhasil dilakukan oleh Garret dan Furry pada tahun 1992, yaitu buah yang tidak memiliki biji seperti apel dapat ditentukan sifatnya dengan mengukur kecepatan gelombang ultrasonik. Gallili et al (1993) menggunakan amplitudo dan transmisi gelombang 50 kHz pada buah alpokat dan mendapatkan hubungan kuadratik antara amplitudo dan kekerasan alpokat. Sedangkan Mizrach et al., (1997) menggunakan atenuasi dan transmisi gelombang ultrasonik 50 kHz pada mangga dan memperoleh hubungan linier antara atenuasi dan kekerasan. Budiastra et al., (1998) melakukan pengukuran gelombang ultrasonik pada

sejumlah buah-buahan tropik (manggis utuh dan durian utuh) dengan menggunakan tiga transduser dengan frekuensi 1 Mhz, 500 kHz, dan 50 kHz. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada frekuensi lebih besar dari 50 kHz atenuasi gelombang ultrasonik pada buah-buahan tersebut sangat besar sehingga gelombang ultrasonik tidak dapat menembus buah. Sedangkan frekuensi 50 kHz dapat digunakan untuk menentukan sifat gelombang ultrasonik buah (Juansah, 2005). Kajian sifat akustik yang dapat menentukan sifat fisiko-kimia bahan pertanian adalah kajian kecepatan dan atenuasi (Rejo, 2002).

Tanaman manggis dalam bidang taksonomi tumbuhan termasuk dalam species *Garcinia mangostana* L. Buah manggis berbentuk bulat dengan diameter panjang sekitar 6 sampai 8 cm dan bergaris pusat. Permukaan kulit luar buah ini sangat licin, ketika muda berwarna hijau muda dan akan berwarna ungu merah kehitaman setelah tua. Pada pangkal buah terdapat 4-8 bekas kelopak stigma. Jumlah stigma ini menandakan jumlah bagian buah (Paull dan Saichol, 2004). Buah ini termasuk buah klimakterik, namun umumnya buah ini dipanen setelah matang di pohon. Berdasarkan hasil penelitian pada Balai Penelitian Pohon Buah-buahan Solok telah direkomendasikan tiga klon dari buah manggis seperti Tabel 1.

Menurut Satuhu (1999) standar pasar internasional untuk buah manggis dapat dikatakan tidak ada keseragaman sebab sangat ditentukan oleh negara pengimpornya. Pada umumnya perbedaan hanya terletak pada ukuran buahnya saja.

Berdasarkan standar CODEX STAN 204 tahun 1997, manggis tergolongkan atas dua kelompok yaitu: klas ekstra dan klas I. Pada klas ekstra buah manggis memiliki kualitas superior, bebas kerusakan, bebas bintik penyakit. Sedangkan pada klas I sedikit kerusakan bentuk buah, daun, rasa dan beberapa jenis kerusakan mekanik lainnya masih diperbolehkan. Luas total area yang mengalami kerusakan tidak boleh lebih dari 10 persen.

Mutu buah sangat dipengaruhi oleh beberapa kondisi lingkungan seperti pengemasan, cuaca, hama penyakit, penanganan panen, dan masih banyak faktor yang lainnya. Mutu buah manggis bisa pula digolongkan berdasarkan tingkat warna luar buah. Dewan Standar Nasional telah mengelompokan mutu manggis dalam tiga tingkatan, yaitu mutu super, mutu I, dan mutu II. Hal

tersebut tercantum dalam SNI tahun 1992 yang telah direvisi.

Berdasarkan berbagai literatur di atas, maka tujuan penelitian ini adalah kajian sifat akustik buah manggis dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Kajian tersebut adalah analisis transmisi gelombang ultrasonik dalam bagian-bagian buah manggis serta penganalisaan keterkaitan antara parameter-parameter akustik dengan sifat fisiko-kimia (Haryanto, 2000) manggis sebagai bahan pertimbangan untuk kajian kematangan buah manggis.

## METODOLOGI

Bahan yang diuji adalah sejumlah buah manggis yang dipetik pada berbagai tingkat warna yaitu indek 2,3,4, dan 5 (Cahyadi, 2001). Komponen peralatan fungsional yang digunakan adalah beberapa blok rangkaian elektronik yang berupa Ultrasonik Tester, Amplifier, blok interface PC, blok transduser T dan R (Wasito, 1995). Sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur sifat fisiko-kimia buah manggis adalah Refraktometer dan Rheometer (Mohsenin, 1970).

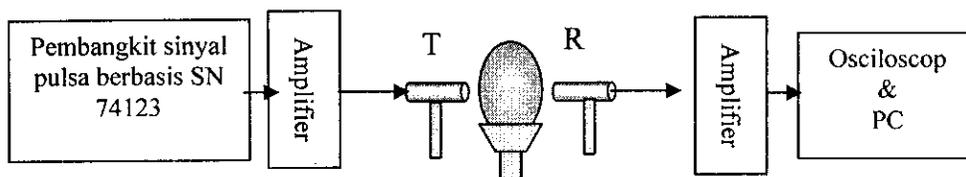
Gelombang akustik yang digunakan adalah gelombang ultrasonik dengan frekuensi 50 kHz. Sinyal ultrasonik dibangkitkan oleh pemicu pulsa pada Ultrasonik Tester dan ditransmisikan melalui transduser T. Sementara sinyal pulsa yang melalui sampel diterima pada bagian transduser R. Sinyal yang muncul dari Receiver ditampilkan pada osiloskop dan PC (Krautkramer, 1990 dan Pearson, 2003).

Selanjutnya sistem pengukuran tersebut diterapkan untuk buah manggis. Skemanya ditunjukkan pada Gambar 1. Pada proses ini digunakan manggis dengan tingkat kematangan yang berbeda-beda. Tingkat kematangan buah ditunjukkan oleh tingkat warnanya. Selain itu diukur pula karakteristik fisiko - kimia dari manggis tersebut. Kemudian parameter-parameter sifat akustik diukur dan dikaitkan dengan parameter sifat fisiko-kimianya.

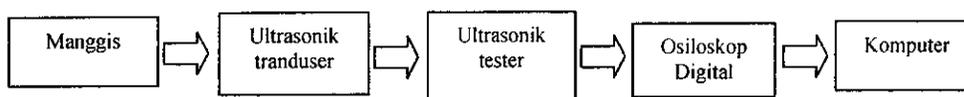
Adapun jalur komunikasi datanya diperlihatkan pada Gambar 2 (Juansah *et al*, 2006). Sinyal transmisi akustik dari manggis yang diterima transduser diteruskan ke ultrasonik tester dan direkam dengan menggunakan osiloskop digital. Hasil sinyal dari osiloskop dikirimkan ke komputer untuk pengolahan sinyal lebih lanjut.

Tabel 1. Pengelompokan manggis berdasarkan ukuran

Kelompok Manggis	Ciri-ciri
Besar	panjang daun lebih dari 20 cm; lebar lebih dari 10 cm; ketebalan kulit buah lebih dari 9 mm; diameter buah lebih dari 6,5 cm; berat buah lebih dari 140 gram; buah tiap tandan 1 butir.
Sedang	panjang daun 17-20 cm; lebar 8,5-10 cm; ketebalan kulit buah 6-9 mm; diameter buah 5,5-6,5 cm; berat buah 70-140 gram; buah tiap tandan 1-2 butir.
Kecil	panjang daun kurang dari 17 cm; lebar kurang dari 8,5 cm; ketebalan kulit buah kurang dari 6 mm; diameter buah kurang dari 5,5, cm; berat buah kurang dari 70 gram; buah tiap tandan lebih dari 2 butir



Gambar 1. Blok diagram sistem pengukuran gelombang ultrasonik



Gambar 2. Skema alir komunikasi informasi pada pengukuran gelombang ultrasonik manggis

### HASIL DAN PEMBAHASAN

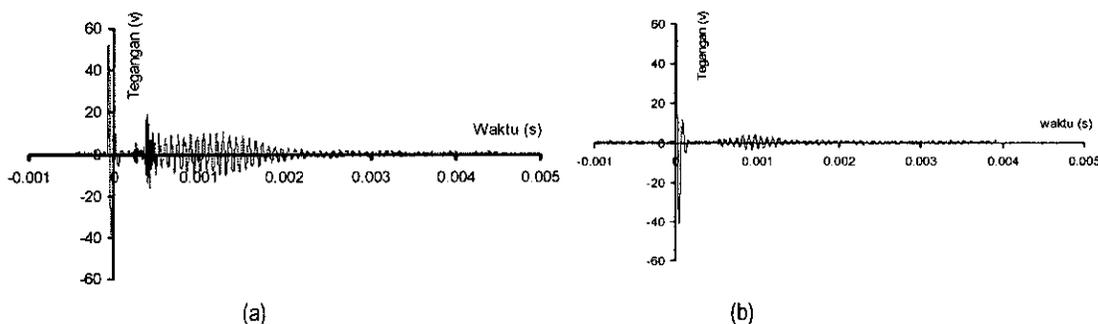
#### Sinyal gelombang ultrasonik pada buah manggis

Gambar 3 dan 4 menunjukkan bentuk sinyal gelombang ultrasonik pada medium udara dan manggis. Dari gambar tersebut terlihat bahwa spektrum untuk udara lebih besar dan tinggi bila dibandingkan dengan manggis. Dari sinyal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa dalam medium udara tidak banyak sinyal yang hilang jika dibandingkan dengan medium manggis. Hal itu pula menunjukkan energi gelombang pada spektrum udara tersebut lebih besar.

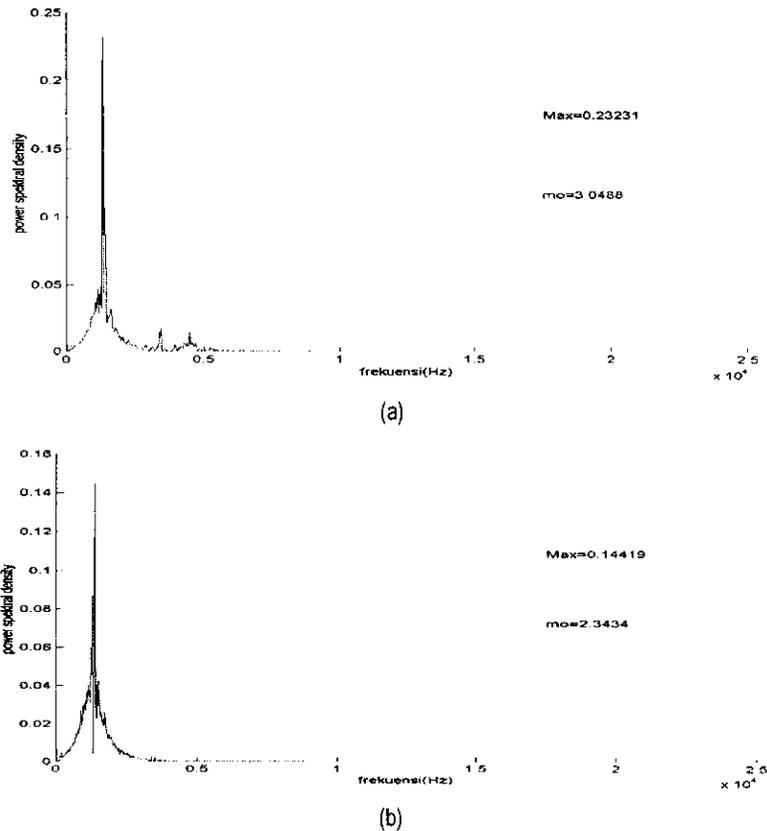
Sinyal yang kecil pada manggis diakibatkan adanya penyerapan energi gelombang ultrasonik selama proses perambatannya. Gelombang ultrasonik berinteraksi dengan medium padat dari buah manggis

sehingga mendapatkan peredaman sinyal tegangan. Struktur manggis yang padat dan sedikit berongga memberikan redaman vibrasi yang memperlemah amplitudo gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik yang datang pada permukaan buah manggis ada yang direfleksikan, ditransmisikan atau diserap. Sinyal yang ditransmisikan terekam dan spektrumnya amplitudonya lebih kecil.

Sinyal hasil FFT untuk udara memiliki nilai maksimum yang lebih tinggi daripada manggis dengan perbandingan hampir dua kali lipatnya (2,3 : 1,4). Dengan acuan medium udara, maka hal tersebut memperkuat akan adanya peredaman spektrum daya yang terkait dengan energi gelombang yang ditransmisikan.



Gambar 3. Hasil sinyal ultrasonik pada medium penjalaran udara (a) dan manggis (b)



Gambar 4. Hasil FFT sinyal gelombang ultrasonik pada medium penjalaran udara (a) dan manggis (b)

**Sifat fisik buah manggis**

Gambar 5, 6, dan 7 menunjukkan karakteristik sifat fisika buah manggis. Sampel yang digunakan terdapat perbedaan tingkat warna dan indeks ketuaan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 5. Warna yang lebih hijau merupakan buah yang kematangannya rendah, sementara yang berwarna merah kecoklatan menandakan lebih tinggi. Keempat tingkat warna tersebut mewakili empat tingkat ketuaan atau kematangan yang berbeda dari buah manggis.

Tabel 2 Karakteristik tingkat warna buah manggis

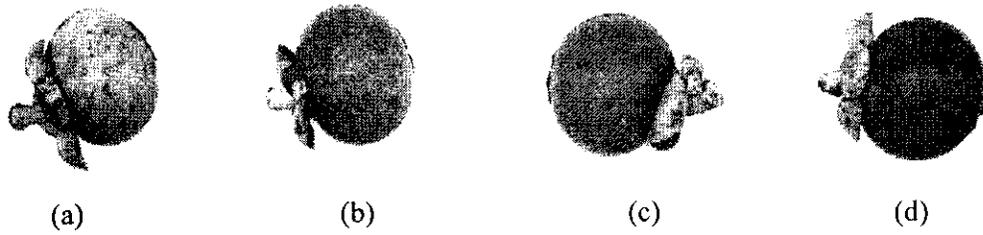
Kode	D rataaan	Indeks	R	G	B
a	5.95	2	96	112	64
b	6.35	3	104	96	72
c	5.40	4	80	64	56
d	6.20	5	64	64	56

Nilai kekerasan berbanding terbalik dengan total padatan terlarutnya (TPT). Dengan semakin meningkatnya kematangan buah, maka kekerasan semakin menurun. Hal ini terjadi akibat semakin lembeknya bagian buah dan banyaknya kandungan air. Buah yang matang biasanya mudah dipecahkan dibandingkan ketika mentah.

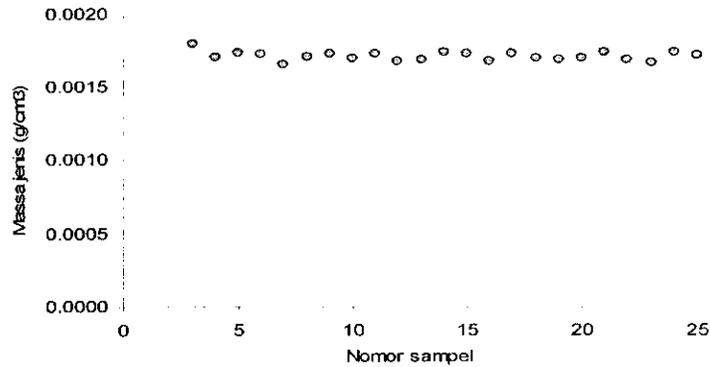
**Atenuasi gelombang ultrasonik pada buah manggis Utuh**

Dengan meninjau grafik hubungan antara atenuasi gelombang ultrasonik buah manggis dengan kekerasan pada Gambar 8, maka dapat diartikan bahwa atenuasi meningkat sejalan dengan meningkatnya kekerasan buah manggis. Jika dilihat dari kondisi kematangan, buah manggis semakin matang jika kekerasannya menurun. Hal ini bisa berkorelasi dengan atenuasi.

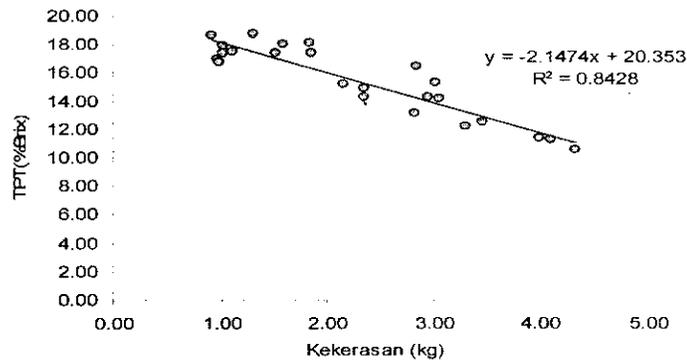
Semakin besar atenuasi maka buah semakin keras dan semakin kurang matang. Semakin matang buah manggis maka atenuasinya semakin kecil. Hal itu sejalan dengan total padatan terlarut dari manggis. Semakin matang buah manggis, maka TPT buah tersebut semakin tinggi. Sementara korelasi dari kekerasan dan kematangan memiliki hubungan yang negatif. Jadi jelas dari data tersebut bahwa buah yang lebih matang memiliki kekerasan yang lebih rendah dan TPT yang lebih tinggi, serta atenuasi gelombang akustik yang lebih rendah. Walaupun nilai atenuasi buah ini masih lebih tinggi daripada atenuasi udara.



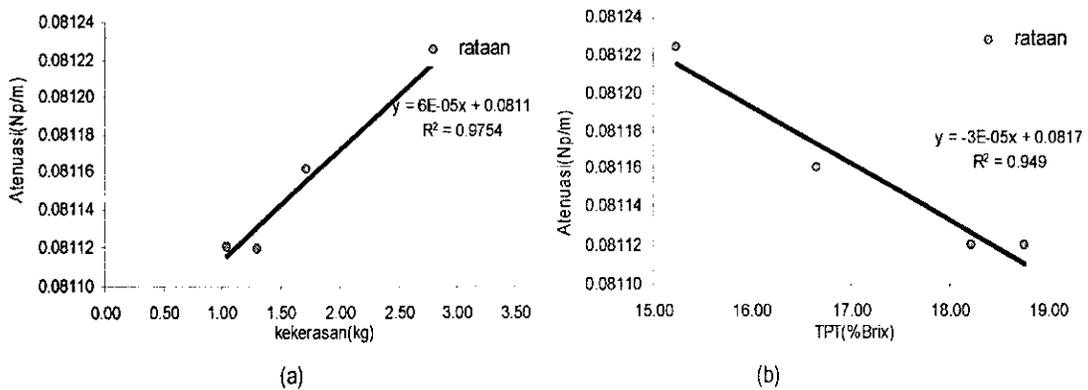
Gambar 5. Tampilan buah manggis pada berbagai tingkat warna



Gambar 6. Nilai massa jenis pada beberapa sampel buah manggis



Gambar 7. Hubungan kekerasan dengan total padatan terlarut buah manggis



Gambar 8. Hubungan atenuasi gelombang ultrasonik dari buah manggis pada berbagai tingkat kekerasan (a) dan Total padatan terlarut (b)

**Kecepatan gelombang ultrasonik pada buah manggis utuh**

Buah manggis yang matang memiliki total padatan terlarut yang tinggi. Sementara jika ditinjau dari kecepatan gelombang pada medium tersebut, maka semakin tinggi pula kecepatannya. Pada kondisi buah yang matang maka buah akan semakin lembek dan rongganya semakin berkurang karena tertutup oleh banyaknya cairan. Kondisi ini bisa membuat penjalaran gelombang ultrasonik yang semakin cepat jika dibandingkan dengan kondisi ada rongga-rongga udara.

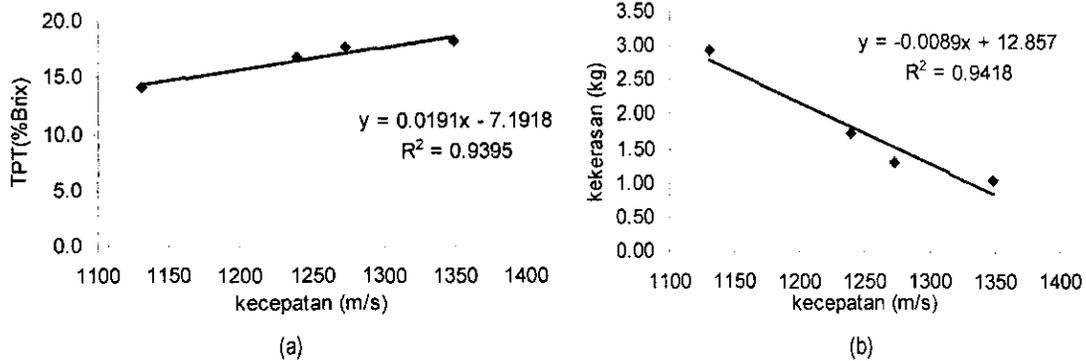
Jika ditinjau dari sifat kekerasan buah, maka kecepatan gelombang akan tinggi pada buah yang kekerasannya rendah begitu pula sebaliknya. Dengan semakin menurunnya kekerasan buah maka semakin tinggi kecepatan gelombangnya. Kondisi ini terkait dengan struktur rongga pada buah terutama dalam daging. Kondisi buah yang matang memiliki kekerasan yang rendah dan kondisi daging buah yang memiliki sedikit rongga udara. Sehingga perambatan gelombang tidak mengalami banyak hambatan.

**Impedansi gelombang ultrasonik pada buah manggis utuh**

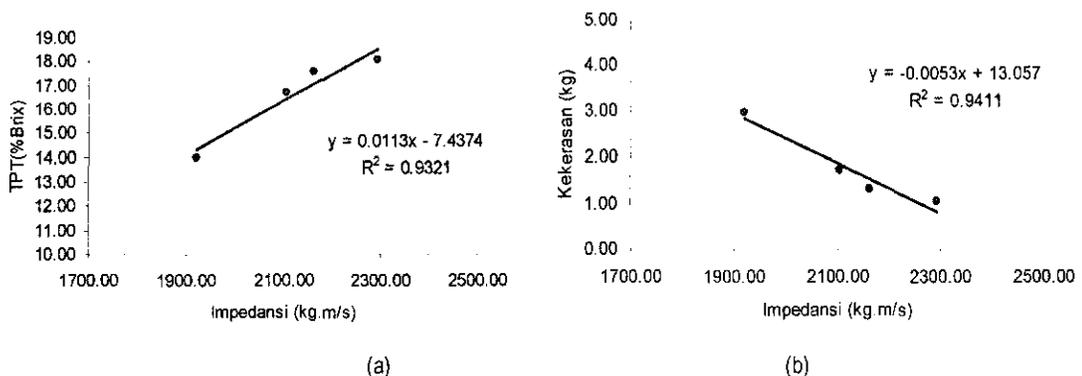
Dengan meninjau rata-rata massa jenis buah manggis yaitu 0.0017 g/cm<sup>3</sup> dan nilai rata-rata kecepatan pada masing-masing sampel, maka didapat hubungan yang konsisten pada impedansi gelombang ultrasonik buah tersebut dan sejalan dengan grafik kecepatannya. Semakin matang buah, maka nilai kekerasan menurun dan nilai total padatan terlarut meningkat serta impedansi akustik yang meningkat pula. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 10.

**Sifat akustik dari bagian manggis ( bagian kulit, daging, dan buah )**

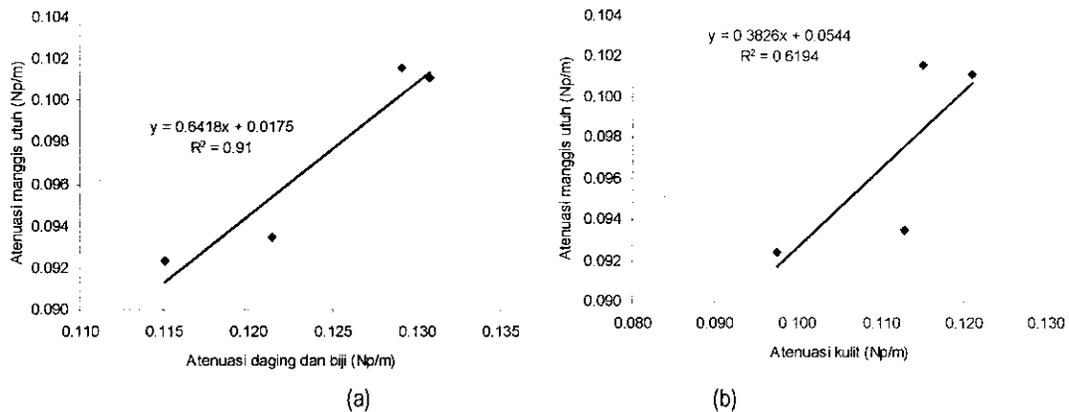
Dalam tinjauan buah manggis yang utuh, maka kecepatan dan atenuasi gelombang akustik dari buah merupakan hasil gabungan dari bagian-bagian buah tersebut. Dengan melihat hal ini, maka ditinjau keterkaitan antara sifat akustik buah utuh dengan bagian-bagian dari buah tersebut. Dari hasil korelasi dan pembobotan persamaan bisa ditinjau bagian mana yang memberikan pengaruh yang dominan. Dalam penyederhanaan pengukuran dilakukan pemecahan buah manggis utuh menjadi dua bagian, yaitu bagian biji dan daging serta bagian kulit buah.



Gambar 9. Hubungan kecepatan gelombang ultrasonik dengan total padatan terlarut(a) dan kekerasan (b) pada buah manggis



Gambar 10. Hubungan impedansi akustik gelombang ultrasonik dengan TPT (a) dan kekerasan (b) pada buah manggis



Gambar 11. Hubungan atenuasi gelombang ultrasonik buah utuh dengan bagian daging dan biji buah(a) serta kulit manggis (b)

Dari peninjauan grafik hubungan atenuasi gelombang akustik buah utuh dengan bagian-bagiannya, maka dapat dikatakan bahwa bagian-bagian buah memberikan kontribusi atenuasi yang sejalan pada buah utuh. Dengan meningkatnya atenuasi gelombang ultrasonik pada bagian – bagian buah maka atenuasi pada buah utuh juga meningkat. Korelasi atenuasi gelombang ultrasonik antara kedua bagian buah dengan buah utuhnya ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\alpha_{\text{manggis}} = 0.410\alpha_{\text{kulit}} + 1.182\alpha_{\text{daging+biji}} - 0.003759 \text{ dengan } R^2 = 0.99.$$

Dengan meninjau pembobotan dari hasil persamaan tersebut, maka atenuasi pada bagian daging dan biji memiliki pembobot yang besar. Hal tersebut menandakan bagian daging dan biji memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap sifat akustik buah utuh daripada kulitnya.

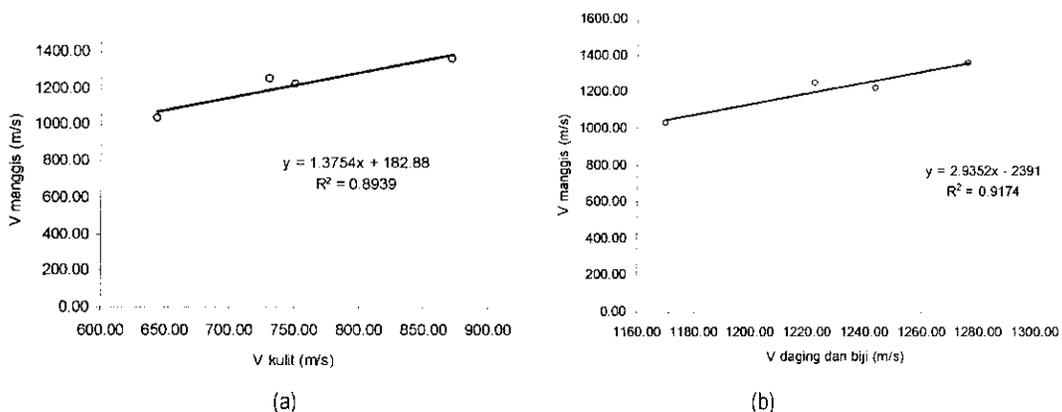
Kecepatan gelombang ultrasonik pada bagian-bagian buah memberikan karakter yang sama dengan

atenuasinya. Hasil korelasi antara kecepatan gelombang ultrasonik pada buah utuh dan kedua bagiannya diperlihatkan dalam persamaan berikut:

$$V_{\text{manggis}} = 2.028V_{\text{daging+biji}} + 0.448 V_{\text{kulit}} - 1611.560 \text{ dengan } R^2 = 0.924$$

Dari persamaan kecepatan di atas terlihat bahwa pembobot pada bagian daging dan biji sangat besar bila dibandingkan dengan kulit. Hal tersebut sejalan dengan persamaan atenuasinya.

Kedua persamaan tersebut memberikan informasi yang saling mendukung dan sejalan, sehingga dapat dikatakan bahwa bagian daging dan biji memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap sifat akustik buah utuh daripada bagian kulitnya.



Gambar 12. Hubungan kecepatan gelombang ultrasonik buah utuh dengan bagian kulit buah(a) serta bagian biji dan daging manggis(b)

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dikaji tentang sistem pengukuran gelombang ultrasonik. Frekuensi gelombang ultrasonik yang digunakan adalah 50 kHz. Sistem tersebut telah digunakan untuk menentukan tingkat kematangan. Pada kajian sifat akustik dengan kekerasan dan TPT, didapat bahwa dengan semakin meningkatnya kekerasan buah maka semakin rendah kecepatannya. Peningkatan TPT sejalan dengan peningkatan kecepatan gelombang. Buah yang meningkat kematangannya akan mengalami penurunan kekerasan, peningkatan TPT, penurunan atenuasi gelombang ultrasonik, dan peningkatan kecepatan gelombang ultrasonik.

Dari pengukuran kecepatan dan atenuasi gelombang ultrasonik pada bagian-bagian buah telah didapat bahwa tiap bagian memiliki kontribusi sifat akustik yang sejalan terhadap sifat akustik buah utuh. Bagian daging dan biji memiliki kontribusi sifat akustik yang lebih besar daripada bagian kulit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui hibah pascasarjana dari Dikti, oleh karena itu kami ucapkan terima kasih kepada pemerintah dan pihak Dikti atas bantuan dana penelitiannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiastra, I W., A. Tresnobudi, HK Purwadaria, 1999. Ultrasonic System for Automation of Internal Quality Evaluation of Durian. Proceedings IFAC'99. Beijing, 15-19 juli 1999.
- Cahyadi, D. 2001. Pengembangan Teknik Pengolahan Citra untuk Penggolongan Manggis besar (tesis). Bogor: Fakultas Teknik Pertanian. IPB
- Chyung, A.Y. 2000. Evaluating the Internal Quality of Pineapple by Acoustics. ASAE Annual International meeting. No 006113
- Galili, N. Mizrach, A. & Rosenhouse, G. 1993. Ultrasonic Testing of Whole Fruit for Nondestructive Quality Evaluation. ASAE/CSAE Meeting Presentation. No 936026.
- Haryanto. B, I W Budiastra, HK Purwadaria, A. Tresnobudi. 2001. Determination of Acoustic Properties of Durian Fruit. Proceedings of 2nd IFAC-CIGR Workshop on Intelligent Control for Agricultural Application., 22-24 Agustus 20001, Bali, Indonesia
- Haryanto. B, I W Budiastra, A. Tresnobudi. 2000. Hubungan Antara Sifat Fisik dan Gelombang Ultrasonic Durian Utuh dengan Sifat Fisiko-Kimia Daging Durian. Buletin Teknologi dan Industri Pangan. Vol XI No 2.
- Juanda, D. dan Cahyono. 2000. Manggis, Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Yogyakarta: Kanisius.
- Juansah, J. 2005. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Gelombang Ultrasonik untuk Penentuan Mutu Manggis *Gracinia mangostana* L [tesis]. Bogor. Fakultas Teknik Pertanian. IPB.
- Juansah, J. I W. Budiastra, & Suroso, 2006. Pengembangan Sistem Pengukuran Gelombang Ultrasonik untuk Penentuan Kualitas Buah Manggis *Gracinia mangostana* L Jurnal Keteknikan Pertanian. vol 20, no 2. Bogor
- Kawano, S. 1993. Non destructive quality evaluation of food. Food preservation and distribution, 40(5)
- Krautkramer, I. and H. Krautkramer. 1990. Ultrasonic Testing of Materials. Springer-Verlag, Berlin. Germany.
- Lutz, J.& Kroggel, O. 2003. Non-destructive measurement of Penetration Depths by Ultrasonic Methods. Darmstadt Concrete 18(2003). [http://www.. Darmstadt-Concrete.de/2003/depths.html](http://www.Darmstadt-Concrete.de/2003/depths.html).
- Mizrac A., U. Flitsmon., Y.Fuchs., 1997. An Ultrasonic Non Destructive Method For Measuring Maturity Of Manggo Fruit. Trans. ASAE 40(4): 1107 -1111
- Anonim, 1997. Codex Standard for Mangosteens. {[http://www.agribusinessonline.com/regulation/grades/standars\\_codex/mangosteens.pdf](http://www.agribusinessonline.com/regulation/grades/standars_codex/mangosteens.pdf) }
- Mohsenin, N.N.,1970, Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, London
- Paull, R.E dan Saichol K. 2004. Mangosteen. Thailand. Bangkok
- Pearson, T.C. Berkeley, CA, 2003, Acoustical Apparatus and Method for Sorting Objects, U.S. Patent no US 6,541,725 B2
- Rejo, A. 2002. Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Menentukan Tingkat Ketuaan dan Kematangan Buah Durian dengan Metode Destruktif dan Non-destruktif. IPB: Desertasi.
- Satuhu, S. 1999. Penanganan Manggis Segar untuk Ekspor. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Wasito, 1995, Vademakum Elektronika. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.