

# APLIKASI ULTRASONIK UNTUK PENDUGAAN KERUSAKAN SERANGAN LALAT BUAH PADA MANGGA ARUMANIS

Rokhani Hasbullah<sup>1)</sup>, Ridwan Rachmat<sup>2)</sup>, Dondy A.Setyabudi<sup>2)</sup> dan Warji<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor

<sup>2)</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

<sup>3)</sup>Alumni Program Pascasarjana Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor

## ABSTRAK

Kerusakan akibat lalat buah biasanya terlihat jika buahnya dibuka. Metode gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk mengetahui mutu buah bagian dalam tanpa merusak. Tujuan penelitian adalah pendugaan kerusakan mangga Arumanis yang diakibatkan lalat buah dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Karakteristik gelombang ultrasonik yang diaplikasikan untuk pendugaan kerusakan mangga Arumanis adalah atenuasi, kecepatan, dan *zero moment power* (Mo). Koefisien atenuasi mangga tidak rusak adalah 36,45 Np/M, dengan kecepatan gelombang ultrasonik 518,19 m/detik, dan *zero moment power* (Mo) 4,58. Dalam aplikasinya pendugaan kerusakan mangga Arumanis menggunakan gelombang ultrasonik dapat digunakan pada batas koefisien atenuasi sebesar 34,76 Np/M dan *zero moment power* (Mo) 5,60. Pada bentuk pendugaan koefisien atenuasi lebih dari 34,76 Np/M mangga dinyatakan normal/tidak terinfeksi lalat buah, sedangkan pada koefisien atenuasi kurang atau sama dengan 34,76 Np/M diindikasikan telah terinfeksi lalat buah. Pada *Zero moment power* (Mo) lebih dari 5,60 mangga Arumanis diindikasikan normal/tidak terinfeksi lalat buah, sedangkan kurang dari atau sama 5,60 dapat diindikasikan sebagai telah terinfeksi lalat buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien atenuasi rata-rata mangga Arumanis sebesar 30,67 Np/m, kecepatan rata-rata gelombang ultrasonik 731,72 m/detik, dan *zero moment power* (Mo) 6,40.

**Kata kunci:** Mangga Arumanis, ultrasonik, lalat buah, atenuasi, nilai Mo.

**ABSTRACT.** Rokhani Hasbullah, Ridwan Rachmat, Dondy ASB., and Warji. 2009. **The application of ultrasound for predicting fruit fly attack defects on mango cv. Arumanis.** Fruit fly defects on mangoes normally observed by cutting the fruits the application of ultrasound can detect the defect without any destructions. The objective of this research is detection of the Arumanis mangoes defects caused by fruit fly using parameters comprised ultrasonic wave. The ultrasonic wave parameters comprised attenuation, velocity and moment zero power (Mo). Results showed that fruit fly attack defect were detected at the average attenuation coefficient of 30,67 Np/m, velocity of 731,72 m/s and Mo number of 6,4 while mangoes without defect were detected at the average attenuation coefficient of 36,45 Np/m velocity of 518,19 m/s and Mo number of 4,58. The attenuation coefficient of 34,76 Np/m and Mo number of 5,6 were observed as border value for prediction application of fruit fly attack defects. The attenuation coefficient of more than 34,766 indicated no defects, while the value of attenuation of less than or the same as 34,76 indicated fruit fly infestation.

**Keywords:** Ultrasonic, Arumanis mangoes, fruit fly, attenuation, Mo number

## PENDAHULUAN

Peluang pasar komoditas hortikultura khususnya buah-buahan semakin meningkat seiring meningkatnya permintaan masyarakat terhadap buah-buahan yang bermutu tinggi. Mangga merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki potensi pasar yang baik karena keunggulannya yang prospektif. Produksi mangga dari tahun ke tahun terus meningkat, pada 2005 sebesar 1.412.884 ton, pada 2006 sebesar 1.612.997 ton, dan pada 2007 sebesar 1.818.619 ton (Anonymous, 2009).

Mutu mangga yang baik sangat tergantung dari budidaya dan penanganan pascapanen yang baik. Kerusakan pada buah mangga karena pengaruh fisik secara langsung terlihat secara jelas. Kadang-kadang kerusakan buah mangga tidak terlihat secara jelas dengan mata biasa. Contoh kerusakan tersebut misalnya adalah serangan lalat buah, dimana buah sudah busuk pada bagian dalam sedangkan luarnya masih bagus. Lalat buah yang menyerang buah mangga di Indonesia tergolong ke dalam spesies *Bactrocera dorsalis* atau dikenal dengan nama *Oriental fruit fly*. Lalat ini merupakan salah satu lalat buah yang paling

merugikan di Asia Timur dan Pasifik karena menyerang berbagai buah-buahan. Verghese *et al.*, (2004) melaporkan bahwa *Bactrocera dorsalis* merupakan hama utama mangga yang ada di India. Selama ini pemerintah Jepang melarang mengimpor buah dari negara-negara yang memiliki hama lalat buah ini. Sementara pemerintah Indonesia melakukan pengawasan ketat sehubungan dengan besarnya kehilangan ekonomi dan pembatasan perdagangan yang disebabkan oleh spesies lalat buah ini.

Lalat buah memiliki empat stadium metamorfosis, yaitu fase telur, fase larva, fase pupa dan fase imago. Telur lalat disuntikkan oleh lalat betina ke dalam daging buah, telur berwarna putih bening sampai kuning krem dan berubah menjadi lebih tua ketika hampir menetas. Seekor lalat betina mampu menghasilkan telur 1200-1500 butir. Bentuk dan ukuran telur bervariasi, tergantung pada spesies lalat buahnya, pada umumnya telur berbentuk bulat panjang seperti pisang dengan ujung meruncing. Telur akan menetas menjadi larva dalam waktu kurang lebih dua hari. Larva inilah yang menyerang daging buah. Menurut Rokhani (2007), fase larva merupakan stadium paling merusak karena aktivitasnya dalam jaringan buah. Daging buah dikoyak oleh larva dengan mulutnya yang berupa kait tajam sambil mengeluarkan enzim perusak atau pencerna yang berfungsi melunakkan daging buah sehingga mudah diisap dan dicerna.

Kerusakan akibat serangan lalat buah pada fase telur dan larva biasanya hanya akan terlihat jika buahnya dibuka. Dengan cara ini tentu saja akan membuat buah mangga tidak dapat dijual kembali. Oleh sebab itu diperlukan metode yang dapat mendeteksi kerusakan dalam buah tanpa harus merusaknya. Beberapa metode uji secara tidak merusaknya. Beberapa metode uji secara tidak merusaknya. Beberapa metode uji secara tidak merusaknya (*non destructive testing*) yang telah dikembangkan untuk buah adalah metode *image processing*, metode gelombang NIR (*Near Infra Red*), metode gelombang sinar X, metode NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*), dan metode gelombang ultrasonik.

Metode gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk mengetahui mutu buah bagian dalam tanpa merusak, metode ini tidak memiliki efek samping dan dapat menembus bagian dalam buah. Efriyanti (2006) melaporkan bahwa gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk menduga tingkat ketuaan belimbing manis, semakin besar kecepatan gelombang ultrasonik menunjukkan buah semakin tua. Juansah (2005) mengkaji mutu manggis dengan menggunakan gelombang ultrasonik, buah manggis yang lebih matang memiliki kekerasan yang lebih rendah, total padatan terlarut (TPT) yang lebih tinggi, dan atenuasi yang lebih rendah. Hal serupa juga dilakukan Nasution (2006). Soeseno (2007) mendeteksi tingkat kematangan buah pisang raja bulu (*Musa paradisiaca* sp) menggunakan gelombang ultrasonik, semakin tua buah pisang semakin besar koefisien atenuasinya. Metode gelombang ultrasonik juga digunakan untuk mendeteksi kekerasan buah alpokat (Mizrach dan Fitsanov, 1999), mengkaji sifat fisik mangga, dan al-

pokat (Mizrach, 2000), aplikasi robot pemanen buah stroberi (Yonjie *et al.*, 2005), mendeteksi dehidrasi kompleks pada kulit jeruk (Camarena *et al.*, 2007) dan pengkondisian awal pengeringan buah pisang (Fabiano dan Rodrigues, 2007).

Mutu mangga Arumanis selama ini masih didasarkan pada berat dan ukuran sehingga tidak dapat mengetahui mutu bagian dalam buah, misalnya ada tidaknya serangga dalam buah. Sementara buah-buahan setelah dipanen berpotensi terinfestasi larva yang berasal dari telur lalat buah. Kerusakan bagian dalam buah mangga Arumanis akibat serangan lalat buah diduga dapat dikaji dengan menggunakan gelombang ultrasonik sehingga perlu dilakukan penelitian tentang karakteristik gelombang ultrasonik pada mangga Arumanis.

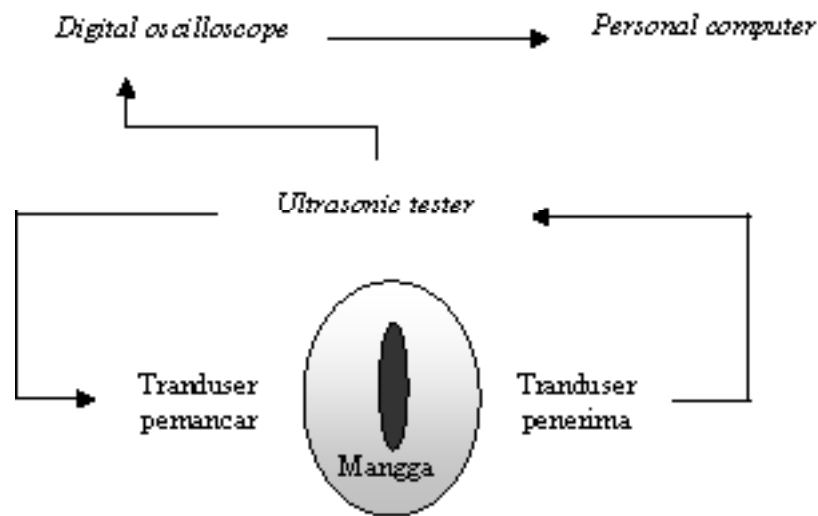
Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik gelombang ultrasonik pada buah mangga Arumanis yang terkena serangan lalat buah, mengkaji hubungan gelombang ultrasonik dengan tingkat kerusakan mangga Arumanis akibat serangan lalat buah, dan mengkaji aplikasi gelombang ultrasonik untuk menduga kerusakan mangga Arumanis akibat serangan lalat buah secara tidak merusak.

## BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB) pada September 2007 sampai dengan Maret 2008. Bahan yang digunakan adalah mangga Arumanis dan lalat buah. Mangga Arumanis yang digunakan adalah mangga mutu I berdasarkan SNI, berasal dari Probolinggo yang dibeli dari pedagang buah di pasar buah Kramatjati, Jakarta Timur. Menurut informasi pedagang, mangga Arumanis yang dibeli berumur 3 hari setelah petik (durasi waktu pemetikan, pengemasan, dan transportasi dari Probolinggo sampai pasar Kramatjati selama 3 hari). Mangga Arumanis yang digunakan untuk penelitian jumlahnya 100 buah, dikelompokkan menjadi dua bagian, lima puluh buah digunakan untuk pembuatan persamaan batas kerusakan, dan sisanya digunakan untuk validasi persamaan batas kerusakan.

Lalat buah yang digunakan adalah spesies *Bactrocera dorsalis*, yang menjadi hama utama buah mangga. Lalat buah diambil dari kebun percobaan IPB di Tajur, Bogor. Untuk membiakkan lalat buah diperlukan pakan lalat buah berupa larutan gula, buah pepaya sebagai media investasi telur, dan serbuk gergaji sebagai media pupa/kepompong sebelum berubah menjadi lalat buah. Kandang tempat mengembangbiakkan dan investasi lalat buah berupa kotak kayu tertutup kaca yang ditempatkan pada suhu dan ruangan yang cocok untuk habitatnya.



Gambar 1. Bagan pengukuran gelombang ultrasonik  
 Figure 1. Schematic of measuring of ultrasonic wave

Perangkat pengukur gelombang ultrasonik yang digunakan merupakan rancangan Juansah (2005). Rangkaian tersebut meliputi transduser pemancar dan transduser penerima gelombang ultrasonik yang terbuat dari bahan *piezoelektrik*, dudukan transduser yang dilengkapi pengukur ketebalan sampel, *oscilloscope* digital, ultrasonik transmitter, dan komputer (PC) (Gambar 1). Transduser berbentuk tabung dengan ujung berbentuk lancip, diameter tabung 2,95 cm, panjangnya 7,05 cm, dan frekuensi yang dipancarkan besarnya 50 kHz. Dudukan transduser dapat diatur posisinya sehingga memudahkan mengukur ketebalan mangga yang dilalui gelombang ultrasonik.

Selain peralatan di atas, yang juga digunakan adalah jangka sorong, timbangan digital, dan pisau. Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter kerusakan buah, timbangan digital digunakan untuk menimbang berat larva, sedangkan pisau digunakan untuk membelah mangga sehingga dapat dilihat kerusakan bagian dalamnya.

## B. Metode

Induk lalat buah yang diambil dari kebun percobaan IPB dimasukkan ke dalam kandang. Bahan-bahan lain yang harus dimasukkan ke dalam kandang adalah larutan gula, serbuk gergaji, dan buah pepaya. Larutan gula ditempatkan pada toples yang telah dialasi tisu dan merupakan pakan buatan untuk lalat. Larutan gula diganti setiap dua hari sekali. Pepaya diperlukan sebagai media tempat infestasi telur lalat.

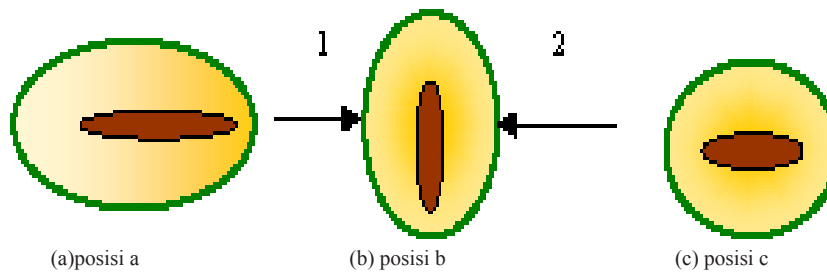
Lalat buah betina dibiarkan meletakkan telur ke dalam buah dengan menusukkan *ovipositor*-nya (alat peletak telur). Telur lalat dibiarkan berubah menjadi larva, dalam waktu 2 sampai 3 hari. Larva dibiarkan keluar dari buah (melenting) ke serbuk gergaji sebelum larva itu berubah menjadi pupa. Pupa dibiarkan

selama 4-10 hari sehingga pupa berubah menjadi lalat dewasa (*imago*). Lalat dikembangbiakkan dalam kandang lalat hingga mencapai lebih dari 100 ekor.

Setelah lalat buah mencapai 100 ekor, buah mangga Arumanis dimasukkan ke dalam kandang lalat yang di dalamnya telah terisi lalat buah dewasa agar buah mangga Arumanis terinfestasi telur lalat. Setiap kandang diisi sebanyak 10 buah mangga, sehingga setiap tahap terdapat 30 buah mangga yang dikondisikan terinfestasi lalat buah. Selain itu, setiap tahapnya juga dikondisikan 20 buah mangga Arumanis yang tidak diinvestasi lalat buah. Setelah tiga hari mangga Arumanis yang ada dalam kandang lalat buah diperiksa keberadaan larva yang ada di dalamnya, biasanya ditandai adanya bercak coklat. Mangga yang diduga telah terinfestasi lalat buah dilakukan pengukuran, namun yang diduga belum terinfestasi dimasukkan kembali ke kandang hingga hari kelima. Pada hari kelima semua mangga yang dikondisikan terinfestasi diukur gelombang ultrasoniknya. Pengukuran mangga yang dikondisikan tidak terserang lalat buah diukur gelombang ultrasoniknya pada hari ketiga dan kelima.

Langkah selanjutnya adalah pengukuran gelombang ultrasonik. Ultrasonik *tester* dan *oscilloscope* dinyalakan, buah mangga diletakkan di atas dudukan buah dengan posisi b (Gambar 2) dan dicatat jarak antara kedua transduser, dan ditunjukkan pada mistar pada dudukan transduser. Pengukuran hanya dilakukan dengan posisi b karena pada posisi ini gelombang ultrasonik yang dipancarkan transduser melewati bagian daging buah yang tebal. Sementara lalat buah seringkali menyerang buah mangga pada daging buah yang tebal ini, sehingga dengan posisi b keberadaan ulat atau telur lalat buah dapat terdeteksi.

Pulsa frekuensi gelombang ultrasonik digunakan sebagai data untuk menghitung kecepatan



Gambar 2. Posisi pengukuran diameter buah mangga Arumanis  
 Figure 2. osition measurement of diameter of mango Arumanis

gelombang ultrasonik, atenuasi, dan nilai  $M_0$  (zero moment power). Pengukuran gelombang ultrasonik dilakukan terhadap 30 buah mangga Arumanis yang diduga terinfestasi lalat buah dan 20 buah mangga Arumanis yang tidak terserang lalat buah.

Setelah didapat data pengukuran ultrasonik, mangga Arumanis diukur diameternya (cm) dan mangga dibuka bagian dalamnya untuk dilihat kerusakannya, kemudian diukur diameter (cm) dan ketebalan kerusakannya (cm) serta ditimbang berat larva (g) yang ada di dalam buah mangga tersebut. Diameter dan ketebalan kerusakan digunakan sebagai data untuk menghitung volume kerusakan. Volume kerusakan dihitung menggunakan rumus pada Persamaan 1.

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

Dimana  $V$  adalah volume kerusakan ( $\text{cm}^3$ ),  $d$  adalah diameter kerusakan (cm), dan  $h$  adalah ketebalan kerusakan (cm).

Berat larva (g) didapat dengan menimbang larva yang telah dipisahkan dan dibersihkan dari daging buah menggunakan timbangan digital.

### C. Analisis Data

#### 1. Kecepatan Gelombang Ultrasonik

Kecepatan gelombang ultrasonik dianalisis dengan menggunakan data keluaran dari *digital oscilloscope* yang terlihat dalam layar monitor yang telah disimpan dalam bentuk data *excel*. Kecepatan gelombang ultrasonik dalam medium dapat ditentukan dengan menggunakan rumus kecepatan gelombang suara. Kecepatan gelombang suara yang melalui sebuah medium dirumuskan dalam Persamaan 2.

$$\Delta t = \frac{1}{C} L + a$$

Dimana  $\Delta t$  adalah waktu yang dibutuhkan gelombang ultrasonik untuk merambat pada ketebalan  $L$  (s),  $C$  merupakan kecepatan gelombang

ultrasonik yang melewati medium (m/s),  $L$  merupakan ketebalan atau jarak medium yang dilewati gelombang ultrasonik (m) sedangkan  $a$  adalah konstanta.

#### 2. Koefisien Atenuasi

Koefisien atenuasi ( $\alpha$ ) dihitung dengan mengonversi tegangan sinyal yang dikirim dan yang diterima setelah menempuh jarak tertentu menjadi grafik gelombang. Grafik gelombang digunakan untuk menentukan amplitudo gelombang, selain itu juga harus diukur amplitudo gelombang pada kondisi jarak antara transduser pemancar dan penerima 2 mm. Pengukuran ini digunakan untuk menentukan nilai  $A_0$  (amplitudo mula-mula/amplitudo gelombang ultrasonik sebelum melewati medium). Koefisien atenuasi dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\alpha = \frac{1}{x} \left[ h \frac{A_0}{A_x} \right] \quad (3)$$

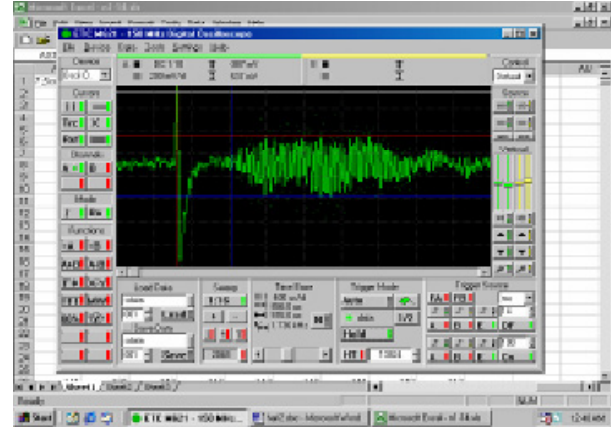
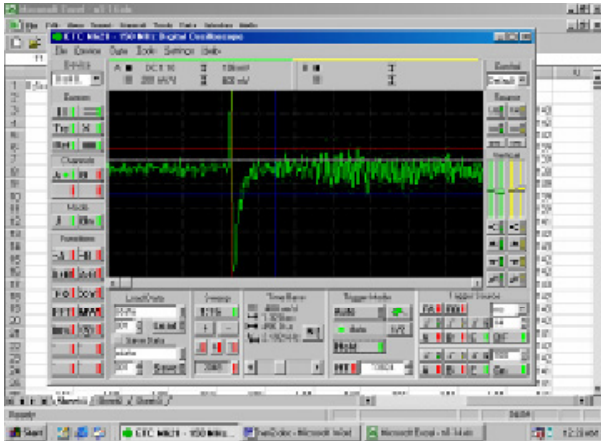
$A_0$  adalah amplitudo mula-mula (volt), sedangkan  $A_x$ ,  $\alpha$ , dan  $x$  secara berturut-turut adalah amplitudo setelah menempuh jarak  $x$  (volt), koefisien atenuasi (Np/m), dan jarak yang ditempuh gelombang (m).



Gambar 3. Kerusakan buah mangga Arumanis berbentuk silinder

Figure 3. Defects of Arumanis mango in form of cylinder





Gambar 4. Sinyal gelombang ultrasonik yang melalui buah mangga utuh(kiri) dan mangga yang terserang lalat buah (kanan)

Figure 4. Ultrasonic wave signal which passed through normal mango (left) and attacked by mango fruit fly (right)

### 3. Zero Moment Power (Mo)

Hasil pengukuran gelombang ultrasonik berupa hubungan antara amplitudo dan waktu ditransformasikan dengan menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*) menjadi hubungan antara *power spectral density* dengan frekuensi. Transformasi ini menggunakan program *Matlab*. Sifat gelombang ultrasonik dikuantifikasi dengan menerapkan metode analisis sinyal berdasarkan *power spectral density*. *Zero moment power* ( $M_0$ ) didefinisikan sebagai luasan di bawah *power spectral*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kerusakan Buah Mangga Arumanis Karena Serangan Lalat Buah

Larva yang ada dalam daging buah mangga Arumanis besarnya tidak sama, hal ini diduga akibat infestasi telur yang tidak bersamaan; tetapi dalam buah yang sama besarnya larva relatif sama. Berdasarkan hasil pengukuran, dalam satu buah didapatkan larva paling banyak 130 ekor larva, namun kondisinya masih sangat kecil. Berdasarkan beratnya didapat larva terberat 1,19 g (29 ekor larva). Sementara volume terbesar adalah 46,20 cm<sup>3</sup>.

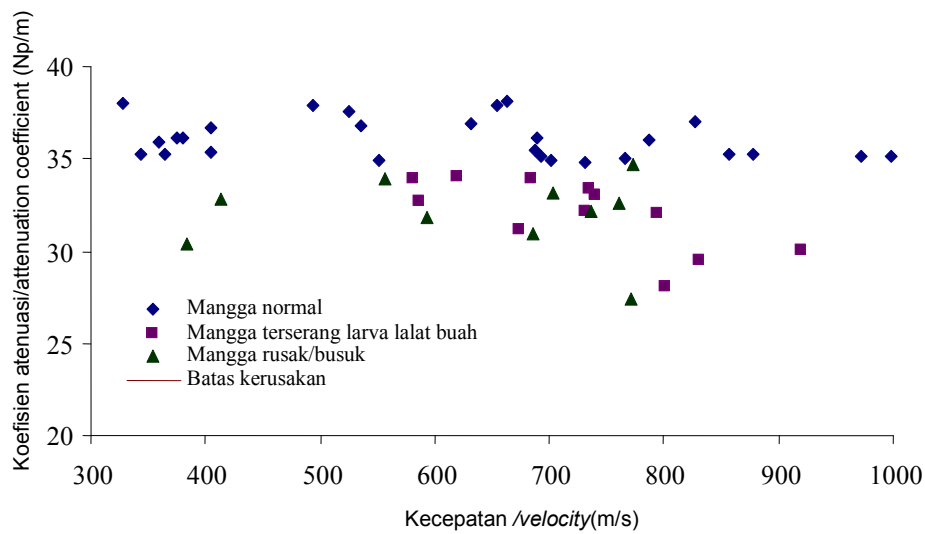
Kerusakan buah mangga yang dijumpai hampir semuanya mendekati bentuk silinder. Kerusakan bermula pada bagian pangkal dekat bekas tangkai buah dan memanjang ke arah ujung mangga pada bagian sisi daging buah yang tebal (Gambar 3). Kerusakan berbentuk silinder dengan diameter dan ketebalan yang bervariasi. Diameter dan volume kerusakan mangga Arumanis yang rusak kedua sisinya merupakan penjumlahan diameter dan vol-

ume kerusakan kedua sisinya. Sisi mangga yang diserang lalat buah adalah sisi mangga yang kulitnya tebal, hal ini karena teksturnya lebih lunak dan tidak banyak mengandung serat dibandingkan pada sisi punggungnya.

Bagian mangga yang rusak, ditandai dengan teksturnya lunak dan adanya rongga pada daging buah. Hal tersebut terjadi akibat aktivitas larva lalat buah atau hama perusak lainnya. Disamping itu daging buah yang rusak warnanya kuning kecoklatan hingga coklat tua, sehingga dapat dibedakan antara daging yang rusak dan daging buah yang masih baik.

### B. Karakteristik Gelombang Ultrasonik Pada Buah Mangga Arumanis

Mangga yang terserang larva lalat buah bagian dalamnya berongga dan teksturnya lunak, selain itu dapat terjadi bagian dalamnya berongga atau teksturnya saja yang lunak. Hal ini berbeda dengan mangga yang tidak terserang lalat buah. Karakteristik gelombang ultrasonik (kecepatan gelombang ultrasonik, koefisien atenuasi, dan *zero moment power*) yang telah melewati medium mangga rusak (berongga dan busuk, berongga atau busuk) memiliki nilai yang tidak sama dengan mangga yang tidak rusak. Menurut Trisnobudi (2007), besarnya koefisien atenuasi tergantung pada medium yang dilalui. Pada medium gas atenuasinya besar, pada medium cair atenuasinya sedang, sementara pada medium padatan atenuasinya kecil. Pada Gambar 4 dapat dilihat perbedaan sinyal gelombang ultrasonik yang melalui buah mangga dan buah mangga yang terserang lalat buah. Gelombang ultrasonik pada mangga utuh memiliki amplitudo lebih kecil dibandingkan dengan amplitudo gelombang ultrasonik pada mangga yang terserang lalat buah.



Gambar 5. Koefisien atenuasi mangga arumanis  
 Figure 5. Attenuation coefficient of Arumanis mango

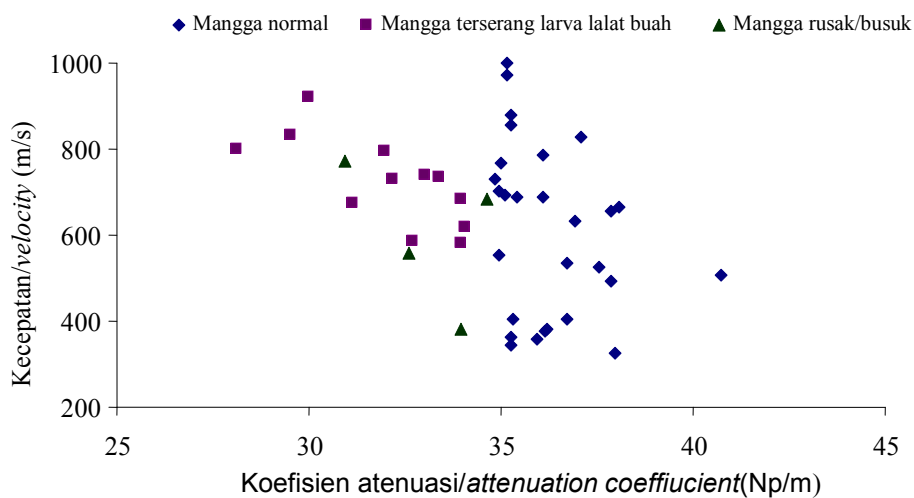
Perbedaan amplitudo ini digunakan untuk menduga mangga yang tidak terserang lalat buah dan mangga yang terserang ulat pada bagian dalamnya, mengingat bahwa mangga yang sudah terinfestasi lalat buah bagian luarnya seringkali masih kelihatan bagus. Kenampakan fisiknya seringkali tidak bisa dibedakan antara mangga Arumanis yang terinfestasi lalat buah dan mangga Arumanis yang tidak terserang lalat buah.

### 1. Koefisien Atenuasi

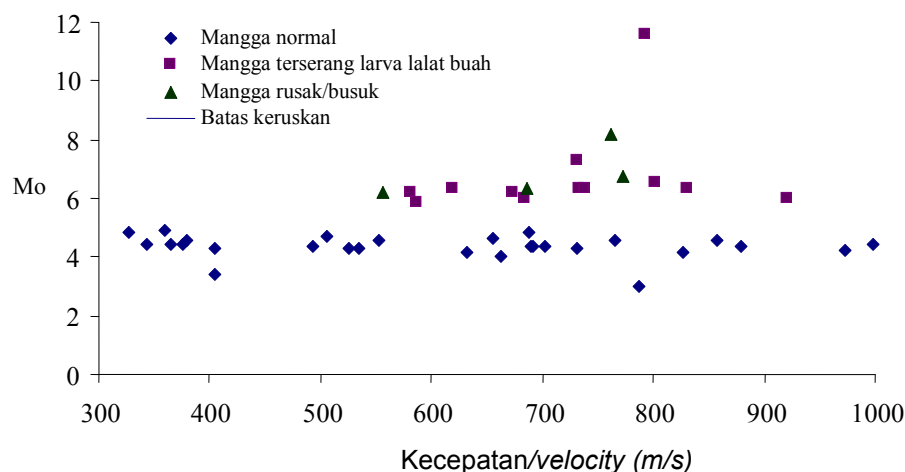
Nilai koefisien atenuasi mangga utuh dan yang terserang larva lalat buah memiliki perbedaan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5. Mangga utuh

memiliki nilai koefisien atenuasi terkecil 35,08 Np/m, sedangkan mangga terserang lalat buah memiliki nilai koefisien atenuasi terbesar 34,44 Np/m. Sehingga nilai koefisien atenuasi lebih besar dari 34,44 Np/m dan kurang dari 35,08 Np/m dapat dijadikan sebagai pembatas untuk menduga rusak-tidaknya mangga Arumanis akibat serangan larva lalat buah.

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai koefisien atenuasi terkecil untuk mangga yang terserang lalat buah sebesar 26,22 Np/m. Nilai lebih kecil dari 26,22 Np/m dapat dicapai pada kondisi mangga yang lebih rusak atau lebih banyak larva



Gambar 6. Kecepatan gelombang ultrasonik mangga Arumanis  
 Figure 6. Ultrasonic wave velocity of Arumanis mango



Gambar 7. Nilai Mo mangga Arumanis  
 Figure 7. Value Mo of Arumanis mango

yang ada di dalamnya. Sedangkan nilai koefisien atenuasi terbesar pada mangga utuh adalah 40,78 Np/m. Kisaran koefisien atenuasi pada mangga utuh adalah antara 35,08 Np/m dan 40,78 Np/m.

Nilai tengah antara koefisien atenuasi terendah mangga Arumanis yang tidak terserang lalat buah yaitu 35,08 Np/m dan nilai koefisien atenuasi tertinggi mangga yang terserang lalat buah yaitu 34,44 Np/m dipilih sebagai nilai batas kerusakan (Gambar 5). Sehingga didapat nilai batas kerusakan sebesar 34,76 Np/m. Mangga yang memiliki koefisien atenuasi ( $\alpha$ ) lebih besar dari 34,76 Np/m terkategori mangga yang tidak terserang lalat buah, sedangkan yang kurang dari atau sama dengan 34,76 Np/m terkategori mangga yang terserang lalat buah.

Mangga Arumanis yang bagian luarnya kelihatan bagus, namun di bagian dalamnya terdapat kerusakan akibat larva lalat buah, dapat terdeteksi oleh atenuasi gelombang ultrasonik. Mangga yang mengalami kerusakan bagian dalamnya tidak dapat dibedakan dengan mangga yang utuh secara manual karena tekstur luar kedua mangga sama bagusnya. Atenuasi gelombang ultrasonik juga dapat mendeteksi busuk bagian dalam atau rusak bagian dalam akibat benturan.

## 2. Kecepatan Gelombang Ultrasonik

Kecepatan gelombang ultrasonik pada mangga utuh tidak dapat dibedakan secara jelas dengan mangga yang terserang larva lalat buah, namun rata-rata kecepatan gelombang ultrasonik mangga utuh lebih rendah dibandingkan mangga yang terserang lalat buah. Untuk mangga utuh besarnya 518,19 m/s, sedangkan mangga yang terserang sebesar 731,72 m/s. Sementara pada udara kecepatan gelombangnya 340 m/s yang perlu diingat bahwa gelombang

ultrasonik termasuk gelombang suara. Namun berdasarkan penelitian Juansah (2005) nilai kecepatan gelombang ultrasonik hasil perhitungan besarnya 378,23 m/s dan 404,12 m/s. Nilai ini dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu udara. Perbandingan antara kecepatan gelombang ultrasonik dengan kecepatan hasil perhitungan merupakan nilai konstanta  $c$ . Nilai ini digunakan untuk mengkalibrasi kecepatan gelombang ultrasonik dalam buah mangga Arumanis. Gambar 6 tersebut menunjukkan bahwa kecepatan gelombang ultrasonik tidak dapat dijadikan sebagai dasar pendugaan kerusakan mangga Arumanis akibat serangan lalat buah.

## D. Zero moment power (Mo)

Selain Koefisien atenuasi, nilai Mo juga dapat digunakan untuk menduga kerusakan buah mangga Arumanis, karena nilai Mo mangga yang rusak berbeda dengan nilai Mo pada mangga utuh (Gambar 7). Besarnya nilai Mo mangga utuh rata-rata 4,58 sedangkan mangga terserang lalat buah 6,40. Nilai Mo mangga yang tidak terserang lalat buah tertinggi 5,49, sedangkan nilai Mo mangga yang terserang lalat buah terendah 5,71, sehingga nilai Mo antara 5,71 sampai 5,49 dapat dipilih sebagai pembatas antara mangga yang terserang lalat buah dengan mangga yang tidak terserang lalat buah.

Nilai tengah antara kedua nilai Mo tersebut dipilih sebagai batas kerusakan, yaitu 5,60. Mangga yang memiliki nilai Mo kurang dari 5,60 terkategori mangga Arumanis utuh/tidak terserang lalat buah, sedangkan mangga Arumanis yang memiliki nilai Mo lebih besar dari atau sama dengan 5,60 terkategori mangga yang terserang lalat buah atau rusak bagian dalamnya.

Nilai Mo mangga Arumanis dapat digunakan

untuk mendeteksi mangga Arumanis yang bagian dalamnya terserang lalat buah, namun bagian luarnya kelihatan bagus. Hal ini tentu secara manual tidak dapat dideteksi karena tekstur luar kedua mangga sama bagusnya. Nilai Mo juga dapat mendeteksi kerusakan bagian dalam berupa busuk atau rusak akibat benturan, sebagaimana disajikan pada Gambar 7.

Tingkat keakuratan dalam memilah mangga yang tidak terserang lalat buah dapat ditingkatkan dengan memilih nilai koefisien atenuasi 34,80 Np/m atau ditingkatkan menjadi 34,90 Np/m, tetapi dengan konsekuensi terdapat 3,57% buah mangga tidak terserang lalat buah terpilah atau terkategori menjadi mangga yang terserang lalat buah. Sedangkan nilai koefisien atenuasi kurang dari 34,76 Np/m, tidak dipilih sebagai nilai batas. Hal ini untuk menghindari adanya mangga terserang lalat buah atau rusak terkategori atau terpilah menjadi mangga yang tidak terserang lalat buah. Walaupun demikian hasil validasi nilai tertinggi mangga terserang lalat buah 34,08 Np/m.

### KESIMPULAN

1. Karakteristik gelombang ultrasonik pada buah mangga Arumanis yaitu koefisien atenuasi dan *zero moment power* dapat digunakan untuk menduga adanya kerusakan karena serangan lalat buah, sedangkan kecepatan gelombang ultrasonik tidak dapat digunakan.
2. Batas nilai koefisien atenuasi antara mangga utuh/tidak terserang lalat buah dan mangga terserang lalat buah adalah 34,76 Np/m. Nilai koefisien atenuasi lebih besar dari 34,76 Np/m mengindikasikan mangga Arumanis terserang lalat buah, dan nilai koefisien atenuasi kurang dari atau sama dengan 34,76 Np/m mengindikasikan mangga tersebut utuh.
3. Batas nilai Mo antara mangga utuh dan mangga terserang lalat buah adalah 5,60. Nilai Mo lebih kecil dari 5,60 mengindikasikan mangga Arumanis terserang lalat buah, sedangkan pada nilai Mo lebih besar atau sama dengan 5,60 mengindikasikan mangga Arumanis utuh/tidak terserang.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapkan terima kasih disampaikan kepada Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian Dengan

Perguruan Tinggi (KKP3T), Departemen Pertanian, RI, Tahun 2007 yang telah membiayai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2009. Produksi buah-buahan di Indonesia periode 2003-2007. Direktorat Jenderal Hortikultura. Departemen Pertanian. <http://www.hortikultura.deptan.go.id>. [25 Februari 2009].
- Camarena, F., J. A. Martinez-Mora, M. Ardid. 2007. Ultrasonic study of the complete dehydration process of orange peel. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 43, Issue 1, Pages:115-120.
- Efriyanti, N. D., 2006. Pendugaan Tingkat Ketuaan Belimbing Manis dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor. [Halaman: 25-28].
- Fabiano, A.N., S. Rodrigues. 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*. Vol. 82, Issue 2, Pages: 261-267.
- Juansah, J., 2005. Rancang Bangun sistem Pengukuran Gelombang Ultrasonik untuk Pemutuan Mutu Manggis (*Gracinia mangostana* L.). Tesis. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor. [Halaman: 59-62].
- Mizrach, A., 2000. Determination of avocado and mango fruit properties by ultrasonic technique. *Ultrasonics*, Vol. 38, Issue. 1-8, page: 717-722.
- Mizrach, A., Flitsanov, U., 1999. Nondestructive ultrasonic determination of avocado softening. *Journal of Food Engineering* Vol. 40, No.3:139-144.
- Nasution, D. A., 2006. Pengembangan Sistem Evaluasi Buah Manggis Secara Non Destruktif dengan Gelombang Ultrasonik. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor. [Halaman: 3-5].
- Rokhani, H., 2007. Penerapan Teknologi Karantina: Membuka Peluang Ekspor Buah-buahan Indonesia. *Jurnal Keteknik Pertanian*. Vol. 21, No.1, Maret 2007, ISSN 0216-3365.
- Soeseno, A., 2007. Kajian Karakteristik Gelombang Ultrasonik untuk Deteksi Tingkat Kematangan Buah Pisang Raja Bulu (*Musa paradisiaca* sp.). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor. [Halaman: 27-28].
- Trisnobudi, A., 2007. Fenomena Gelombang. Penerbit ITB. Bandung.
- Verghese, A., P. L.Tandon, and J. M. Stonehouse. 2004. Economic evaluation of the integrated management of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in mango in India. *Crop*



*Protection*. Volume 23, Issue 1, Pages 61-63.

Yonjie, C., K. Taichi, N. Masateru. 2005. Basic Study on Ultrasonic Sensor for Harvesting Robot of Strawberry. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Miyazaki University*. **Vol.** 51, **No.**1/2: 9-16(2005). **ISSN:** 0544-6066. <http://sciencelinks.jp/j-east/journal/B/F0851A/2005.php> [12 Juni 2008].