

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 5, No. 1, April 2017



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu pada bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap monuron baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam *invited paper* yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, *review* perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, *technical paper* hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta *research methodology* berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaan (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 1 April 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr.Ir. Lady Corrie Ch. Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Rudiati Evi Masithoh, STP, M.Dev.Tech (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof. Dr.Ir. Bambang Purwantana, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Ir. I Made Supartha Utama, MS., Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Sri Rahayoe, STP., MP (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Joko Nugroho Wahyu Karyadi. M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarto, M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Abdul Rozaq, DAA (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Diding Suhandy, STP.,M.Agr (Fakultas Pertanian, Universitas Lampung), Ir. Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Suhardi, STP., MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Karakteristik Gelombang Ultrasonik pada Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dengan Tiga Tingkat Kematangan

Ultrasonic Transmission Characteristic of Pineapple at Three Ripeness Levels

Wendianing Putri Luketsi, Program Studi Teknologi Pascapanen, Institut Pertanian Bogor,
Email: wendianing@gmail.com

I Wayan Budiastara, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: wbudiastra@yahoo.com

Usman Ahmad, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: uahmad2010@gmail.com

Abstract

Currently, determination of quality of fresh pineapple is still subjective by visual judgement based on its color, resulting high variation of ripeness judgement and often does not represent its internal quality. Therefore, we need a non-destructive method that could accurately evaluate internal quality of pineapple, one of which is ultrasonic method. The purposes of this study were to determine the characteristic of ultrasonic transmission (velocity, attenuation coefficient) and physicochemical properties in pineapples and to examine ultrasonic transmission correlation with their physicochemical properties. Pineapple with three ripeness were harvested. Ultrasonic transmission characteristic in pineapples at a frequency of 50 KHz were measured, then followed by measurement of its physicochemical properties (firmness, density, total soluble solid, and total acid). The result showed that the velocity of ultrasonic transmission in pineapples at three ripeness levels were significantly different, ranged between 172.51 to 210.06 m/s. The riper the pineapple, the lower the ultrasonic transmission velocity. The ultrasonic attenuation coefficient in pineapples ranged from 4.09 – 5.14 dB/m. Ultrasonic attenuation coefficient increases as pineapple is riper. Both ultrasonic velocity and attenuation coefficient have linear correlations with firmness.

Keywords: *attenuation coefficient, pineapple, ripeness, ultrasonic, velocity*

Abstrak

Penentuan kualitas buah nanas segar saat ini masih bersifat subyektif berdasarkan warna, sehingga hasil pemutuannya sangat beragam dan tidak sesuai dengan mutu internal. Oleh karena itu diperlukan metode nondestruktif yang mampu mengevaluasi mutu internal nanas, salah satunya adalah metode ultrasonik. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik transmisi gelombang ultrasonik (kecepatan, koefisien atenuasi) dan sifat fisikokimia nanas serta mengkaji hubungan antara karakteristik transmisi gelombang ultrasonik dengan sifat fisikokimia buah nanas. Buah nanas dengan tiga tingkat kematangan dipanen, kemudian langsung dilakukan pengukuran sifat transmisi gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz, dilanjutkan dengan pengukuran sifat fisikokimia (kekerasan, densitas, total padatan terlarut, dan total asam). Hasil penelitian menunjukkan kecepatan gelombang ultrasonik buah nanas pada tiga tingkat kematangan berbeda nyata, berkisar antara 172.51 – 210.06 m/s. Semakin matang buah nanas, kecepatan gelombang ultrasonik semakin menurun. Sedangkan koefisien atenuasi berkisar antara 4.09 – 5.14 dB/m. Koefisien atenuasi semakin meningkat dengan semakin matangnya nanas. Kecepatan dan koefisien atenuasi gelombang ultrasonik mempunyai korelasi linier dengan kekerasan nanas.

Kata kunci: kecepatan gelombang, kematangan, koefisien atenuasi, nanas, ultrasonik

Diterima: 11 Maret 2016; Disetujui: 13 Mei 2016

Pendahuluan

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) merupakan salah satu buah tropis unggulan Indonesia yang diperdagangkan di pasar domestik maupun internasional. Varietas kultivar yang banyak dibudidayakan adalah golongan *Cayenne* dan *Queen*. Untuk menjaga kepuasan konsumen dan standar kualitas nanas segar yang sesuai dengan kualifikasi yang telah ditetapkan, BSN (2009) telah menyusun standar nasional untuk mutu nanas (SNI 3166:2009). Meskipun telah ada standar kualitas namun para pelaku usaha tidak melaksanakannya secara baik dan konsisten. Evaluasi mutu masih dilakukan secara subyektif berdasarkan warna, sehingga hasil pemutuannya sangat beragam dan tidak sesuai dengan mutu internal nanas.

Oleh karena itu, perlu dikembangkan sistem evaluasi mutu secara nondestruktif untuk menentukan tingkat kematangan berdasarkan mutu fisik dan mutu internal buah nanas segar. Metode ultrasonik menjadi alternatif pilihan untuk menentukan mutu buah, karena mempunyai daya tembus melebihi metode NIR (*Near Infra Red*) yang hanya mampu menembus hingga kedalaman 5 mm dari permukaan buah, biaya investasi lebih murah, dan buah yang diperiksa tidak berefek bagi kesehatan jika dikonsumsi dibanding teknik sinar X.

Penelitian ultrasonik untuk evaluasi mutu akan metoda ultrasonik untuk menentukan tingkat kematangan alpukat dan Mizrach *et al.* (1989) juga telah mengujinya pada beberapa sayuran dan buah subtropika, dan tingkat kematangan mangga (Mizrach *et al.* 1997). Di Indonesia, aplikasi metoda ultrasonik telah dilakukan pada beberapa penelitian bidang pertanian, antara lain Trisnobudi (1998) untuk mengevaluasi kematangan tomat cherry, Budiastira *et al.* (1998) melakukan pengujian pada durian menggunakan beberapa frekuensi ultrasonik, Rejo *et al.* (2002) melakukan penelitian untuk menentukan kematangan durian dengan ultrasonik dan *neural network*. Haryanto (2002) melaporkan bahwa sifat akustik dapat membedakan tingkat ketuaan durian, Juansah *et al.* (2006) membuat rancang bangun sistem pengukuran gelombang ultrasonik untuk penentuan mutu manggis, Warji (2008) menggunakan ultrasonik untuk menduga kerusakan buah mangga arumanis akibat lalat

buah, Nasution (2006) melakukan pengembangan sistem evaluasi mutu manggis dengan ultrasonik, dan Djamilia *et al.* (2010) berhasil menggunakan metode ultrasonik untuk penentuan mutu buah naga merah super.

Penelitian ini mengkaji metoda ultrasonik untuk menentukan tingkat kematangan dan mutu internal nanas. Secara khusus penelitian ini bertujuan 1) menentukan karakteristik transmisi gelombang ultrasonik (kecepatan, koefisien atenuasi) dan sifat fisikokimia nanas pada tiga tingkat kematangan, dan 2) mengkaji hubungan karakteristik transmisi gelombang ultrasonik dengan sifat fisikokimia nanas pada tiga tingkat kematangan.

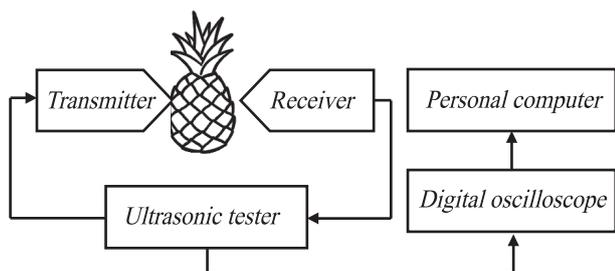
Bahan dan Metode

Bahan utama yang digunakan adalah nanas varietas *Cayenne* yang berasal dari kebun petani di Jalan Cagak Kabupaten Subang Jawa Barat. Buah tersebut dipetik pada tiga tingkat kematangan, yaitu tingkat kematangan ke-1 dengan ciri warna kulit hijau seluruhnya tanpa tanda-tanda kuning, ke-2 dengan ciri 50%-60% warna kulit jelas mulai berwarna kuning, dan kematangan ke-3 dengan ciri seluruh warna kulit kuning merata. Masing-masing tingkat kematangan menggunakan 35 sampel nanas, dengan total sampel 105 buah. Beberapa bahan kimia juga digunakan dalam penelitian ini, seperti *aquadest*, larutan NaOH 0.1 N, dan indikator PP (phenolphthalein). Selain itu juga digunakan air untuk pengukuran densitas buah.

Pengukuran Karakteristik Transmisi Gelombang Ultrasonik

Pengukuran karakteristik transmisi gelombang ultrasonik menggunakan alat uji ultrasonik rancangan Budiastira *et al.* (1998) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, yang terdiri atas transduser pemancar (*transmitter*) dan transduser penerima (*receiver*) gelombang ultrasonik dengan frekuensi 50 kHz dengan bahan piezoelektrik, dudukan sampel, *digital oscilloscope* ETC M621, ultrasonik *tester*, dan personal komputer. Transduser yang digunakan berbentuk silinder berujung kerucut, dengan diameter 2.95 cm dan panjang 7.5 cm.

Nanas yang telah dibersihkan diletakkan pada dudukan buah. Gelombang ultrasonik ditransmisikan ke buah pada sisi yang berbeda, yaitu: bagian pangkal, tengah, dan ujung buah. Pengukuran transmisi gelombang ultrasonik dilakukan sebanyak dua kali. Untuk mengetahui dimensi panjang buah maka dibawah dudukan buah diletakkan mistar. Hasil transmisi buah akan ditampilkan pada layar monitor komputer. Data yang diperoleh adalah data amplitudo dan waktu yang disimpan dalam Microsoft Excel. Kecepatan gelombang ultrasonik (V_b) ditentukan dari panjang buah nanas (L) dengan



Gambar 1. Blok diagram alat pengukuran gelombang ultrasonik.

Tabel 1. Rata-rata nilai karakteristik transmisi gelombang ultrasonik buah nanas varietas Cayyene pada tiga tingkat kematangan.

Sifat akustik	Tingkat kematangan 1	Tingkat kematangan 2	Tingkat kematangan 3
Kecepatan (m/s)	210.06 ± 12.84 a	185.09 ± 8.41 b	172.51 ± 11.26 c
Atenuasi (dB/m)	4.09 ± 0.27 a	4.26 ± 0.32 a	5.14 ± 0.51 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

waktu (Δt) rambatan gelombang ultrasonik dari *transmitter* ke *receiver* tersaji pada Persamaan 1.

$$Vb = \frac{L}{\Delta t} \quad (1)$$

$$\alpha = -\frac{1}{x} \ln \left(\frac{A_x}{A_0} \right) \quad (2)$$

Koefisien atenuasi (α) ditentukan oleh rasio antara tekanan amplitudo setelah melewati jarak x di dalam suatu medium (A_x) dan sebelum memasuki medium (A_0), tersaji pada Persamaan 2. Pengambilan data setiap pengukuran sampel sebanyak 4096, *time base* 800 $\mu\text{s}/\text{div}$, dengan *sampling rate* yang digunakan untuk pengukuran sebesar 512 kHz. Setelah pengukuran karakteristik transmisi gelombang ultrasonik, dilakukan pengukuran sifat fisikokimia.

Pengukuran Sifat Fisikokimia

Sifat fisikokimia yang diukur adalah kekerasan, densitas, total padatan terlarut (TPT), dan total asam (TA). Kekerasan diukur menggunakan alat rheometer model CR 300 DX-L dengan pengaturan kondisi mode: 20; R/H (*hold*): 10.00 mm; P/T (*Press*): 60 mm/m; Rep. 1:1 x 60h; Max 10 kg, probe nomor 38 ($\varnothing = 5$ mm). Densitas menggunakan *water displacement*, TPT menggunakan alat *portable digital refractometer* Atago PR 201 (AOAC 1994), dan TA menurut prosedur AOAC (1995), dengan cara titrasi.

Analisis Data

Data pengukuran gelombang ultrasonik (kecepatan, koefisien atenuasi) dan sifat fisikokimia nanas dianalisis dengan analisa varians (ANOVA), uji beda nyata (DUNCAN) pada taraf uji 5%. Hubungan antara karakteristik transmisi gelombang ultrasonik (kecepatan, koefisien atenuasi) dengan sifat fisikokimia dianalisis dengan regresi linear menggunakan software Minitab Release 14.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Transmisi Gelombang Ultrasonik Buah Nanas Varietas Cayyene Pada Tiga Tingkat Kematangan

Kecepatan gelombang ultrasonik pada tiga tingkat kematangan berbeda nyata pada taraf uji

5% (Tabel 1). Kecepatan gelombang ultrasonik pada tingkat kematangan pertama, kedua dan ketiga sebesar 210.06 m/s, 185.09 m/s, dan 172.51 m/s. Semakin matang buah nanas maka kecepatan gelombang ultrasonik akan semakin menurun. Kecepatan transmisi gelombang pada nanas lebih rendah dari buah naga merah 614.10 – 680.58 m/s (Djamila *et al.* 2010), manggis 1125 – 1350 m/s (Juansah *et al.* 2006), durian matang 515.8 – 626.2 m/s (Waluyo *et al.* 2006), dan alpukat matang 200 – 350 m/s (Self *et al.* 1994). Namun lebih tinggi dari kecepatan buah jeruk Navel 130-240 m/s (Camarena *et al.* 2006) dan apel 118 – 180 m/s (Kim *et al.* 2008). Kecepatan transmisi gelombang pada suatu medium selain dipengaruhi oleh modulus Young (kekerasan), juga dipengaruhi oleh kerapatan jenis atau densitas medium tersebut. Semakin tinggi densitas suatu medium maka semakin cepat juga transmisi gelombang ultrasonik. Dalam hal ini, densitas buah naga merah, manggis, durian, dan alpukat lebih besar daripada nanas.

Sedangkan koefisien atenuasi hanya tingkat kematangan ketiga yang menunjukkan berbeda nyata dibandingkan dengan tingkat kematangan pertama dan kedua pada taraf nyata 5%. Koefisien atenuasi pada tingkat kematangan pertama, kedua dan ketiga sebesar 4.09 dB/m, 4.26 dB/m, dan 5.14 dB/m. Koefisien atenuasi akan semakin meningkat dengan semakin matangnya nanas. Koefisien atenuasi pada buah naga merah super (Djamila *et al.* 2010) sebesar 501.27 – 540.44 dB/m, manggis (Juansah *et al.* 2006) sebesar 1.04 – 1.13 dB/m, dan durian matang (Waluyo *et al.* 2006) sebesar 0.82 – 3.75 dB/m. Kim *et al.* (2009) juga melakukan pengamatan pada kematangan apel dan mendapatkan nilai atenuasi pada frekuensi yang sama, dan terus meningkat 1200 – 1500 dB/m seiring kematangannya. Hasil ini sesuai dengan Mizrach *et al.* (1991) yang telah melakukan penelitian pada buah melon dengan atenuasi yang diperoleh 2600 – 7100 dB/mm, serta Mizrach (2000), Flitsanov *et al.* (2000) dan Gaete-Garreton *et al.* (2005) melakukan penelitian pada buah alpukat. Perbedaan nilai atenuasi dipengaruhi oleh komponen partikel penyusun yang bervibrasi pada frekuensi yang kemudian akan menentukan jumlah energi absorpsi spesifik (Lee *et al.* 1992). Selain itu, perbedaan komposisi kimia juga menyebabkan adanya perbedaan pola difraksi gelombang akibat perbedaan dipole atom – atom penyusunnya

Tabel 2. Rata-rata nilai sifat fisikokimia buah nanas varietas Cayyene pada tiga tingkat kematangan.

Sifat fisikokimia	Tingkat kematangan 1	Tingkat kematangan 2	Tingkat kematangan 3
Kekerasan (N)	50.04 ± 4.03 a	44.48 ± 4.47 b	34.01 ± 5.72 c
Densitas (kg/m ³)	976.50 ± 101.16 a	981.07 ± 60.23 a	1010.70 ± 117.46 a
TPT (%Brix)	14.99 ± 1.89 a	16.94 ± 1.37 b	13.99 ± 1.26 a
Total Asam (%)	0.62 ± 0.08 a	0.57 ± 0.10 a	0.84 ± 0.11 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

Tabel 3. Koefisien korelasi hubungan antara sifat gelombang ultrasonik dengan sifat fisikokimia.

Sifat Gelombang Ultrasonik	Sifat Fisikokimia	Koefisien Korelasi(r)
Kecepatan	Modulus Young (E)	0.930
	Kekerasan	0.688
	Densitas	0.235
	TPT	0.211
	TA	-0.438
Atenuasi	Modulus Young (E)	-0.644
	Kekerasan	-0.683
	Densitas	0.379
	TPT	-0.448
	TA	0.647

sehingga mempengaruhi nilai transmisivitas dan refleksi gelombang ultrasonik (Gooberman 1968).

Sifat Fisikokimia Buah Nanas Varietas Cayyene Pada Tiga Tingkat Kematangan

Selama proses pematangan, buah nanas mengalami beberapa perubahan antara lain pada warna kulit, tekstur dan kekerasan buah, rasa serta aroma khas yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan-perubahan dalam susunannya. Beberapa perubahan yang terjadi selama proses pematangan nanas dijelaskan pada hasil yang didapatkan dari data pengujian destruktif (kekerasan, total padatan terlarut, total asam, dan densitas).

Kekerasan daging buah nanas pada tingkat kematangan ke-1 sebesar 50.04 ± 4.03 N dan terus mengalami penurunan kekerasan hingga 34.01 ± 5.72 N. Kekerasan daging buah nanas mengalami penurunan seiring dengan semakin bertambahnya tingkat kematangan, dikarenakan adanya perubahan fase buah dari pramatang menjadi matang. Menurunnya kekerasan pada buah selain akibat pengaruh respirasi dan transpirasi yang terus berlangsung, juga akibat aktifitas fisiologis lain yang terjadi pada buah nanas.

Pada Tabel 2 menunjukkan adanya kenaikan TPT pada tingkat kematangan ke-1 sebesar 14.99 ± 1.89 %Brix menjadi 16.94 ± 1.37 %Brix pada tingkat kematangan ke-2, hal ini dikarenakan

adanya peningkatan kandungan gula totalnya akibat perombakan karbohidrat (pati) menjadi gula-gula sederhana. Namun TPT mengalami penurunan pada tingkat kematangan ke-3 menjadi 13.99 ± 1.26 %Brix. Penurunan nilai TPT dapat diakibatkan adanya awal dari fase matang ke fase pembusukan, dimana proses biokimia pada fase ini akan menyebabkan kandungan karbohidrat dan gula berubah. Penurunan TPT pada buah nanas juga menunjukkan penurunan mutu buah nanas.

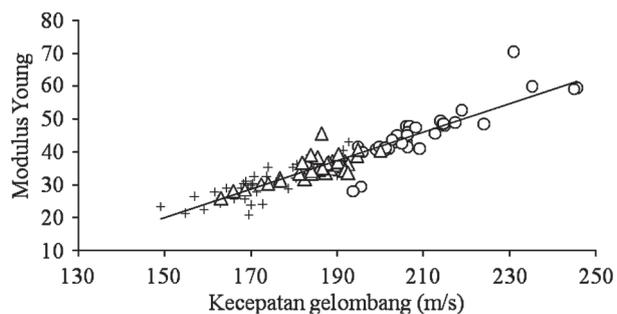
Perubahan juga terjadi pada total asam (TA), dimana TA mengalami penurunan dari tingkat kematangan ke-1 dari 0.62 ± 0.08% menjadi 0.57 ± 0.10% pada tingkat kematangan ke-2 dan meningkat kembali sebesar 0.84 ± 0.11% pada tingkat ke-3. Pada buah pisang dan nanas, kandungan asam organik tertinggi pada saat ripening (Widjanarko 2012). Fase ripening merupakan fase khusus pada buah yang peristiwanya dimulai pada tahap akhir pematangan dan menjadi tahap awal kelayuan. Selain kekerasan, TPT dan TA, densitas buah juga mengalami perubahan. Namun tidak berbeda nyata diantara tiga tingkat kematangan.

Hubungan Karakteristik Transmisi Gelombang Ultrasonik Dengan Sifat Fisikokimia Buah Nanas Varietas Cayyene Pada Tiga Tingkat Kematangan

Besarnya nilai koefisien korelasi hubungan karakteristik gelombang ultrasonik dengan sifat fisikokimia buah nanas pada tiga tingkat kematangan disajikan pada Tabel 3. Besar nilai koefisien korelasi menunjukkan kekuatan hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Hubungan antara kecepatan gelombang ultrasonik dengan Modulus Young (kekerasan) menunjukkan korelasi positif dan didapatkan model pendugaan $Y = 0.435 X - 45.36$ dengan nilai koefisien korelasi yang dihasilkan sangat tinggi yaitu $r = 0.930$ (Gambar 2). Semakin tinggi kecepatan gelombang, maka semakin tinggi pula Modulus Young pada buah nanas. Kekerasan suatu medium mempengaruhi secara langsung pada kecepatan gelombang ultrasonik. Garret dan Fury (1992) mengukur kecepatan gelombang ultrasonik pada apel dengan menggunakan fungsi rapat massa (ρ), Modulus Young (E), dan Perbandingan Poisson (ν). Persamaan tersebut secara teoritis menjelaskan bahwa kecepatan gelombang ultrasonik dipengaruhi

oleh sifat karakteristik fisik yang terdapat pada buah, seperti rapat massa (densitas) dan Modulus Young (kekerasan). Kekerasan merupakan salah satu indikator dominan untuk menentukan tingkat kematangan. Perubahan kekerasan (penurunan) pada buah akan mulai terjadi sejak buah dipanen hingga pada tahap penyimpanan. Peacock *et al.* (1986) menjelaskan kandungan kimia dan kerapatan massa juga merupakan faktor penting untuk menentukan tingkat kematangan dari buah, namun kekerasan merupakan salah satu faktor terpenting untuk menentukan langsung tingkat kematangan buah.

Hubungan antara koefisien atenuasi dengan kekerasan buah nanas menunjukkan adanya hubungan regresi linear (Gambar 3). Dari hubungan tersebut menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0.683$. Sehingga nilai kekerasan berdasarkan koefisien atenuasi yang didapatkan, dapat diduga dengan menggunakan model $Y = -9.668 X + 86.47$. Semakin tinggi nilai kekerasan buah maka koefisien atenuasi akan semakin menurun atau dapat diartikan bahwa semakin matang buah nanas (kekerasannya menurun) maka koefisien atenuasinya semakin meningkat dengan kata lain tingkat kehilangan energinya semakin besar. Menurunnya kekerasan pada buah selain akibat pengaruh respirasi dan transpirasi yang terus berlangsung, juga akibat aktifitas fisiologis lain yang terjadi pada buah nanas. Penurunan kekerasan antara lain disebabkan adanya perubahan protopektin dan hemiselulosa selama proses pematangan buah sehingga dinding sel akan menurun struktur padatnya, tekanan turgor sel menurun dan terjadi perubahan tekstur dari keras menjadi lunak. Protopektin yang merupakan induk senyawa pektin secara bertahap terdegradasi secara enzimatis oleh enzim pektin metilesterase dan poligalakturonase sejalan dengan meningkatnya kematangan buah. Protopektin yang mula – mula tidak larut dalam air, akan terurai menjadi molekul yang lebih sederhana (asam pektat, asam galakturonat). Kecepatan menurunnya kelunakan tekstur buah sebanding dengan kecepatan degradasi senyawa



Gambar 2. Hubungan antara kecepatan gelombang ultrasonik dengan Modulus Young (E) nanas varietas Cayenne pada tiga tingkat kematangan (o tingkat 1, Δ tingkat 2, + tingkat 3).

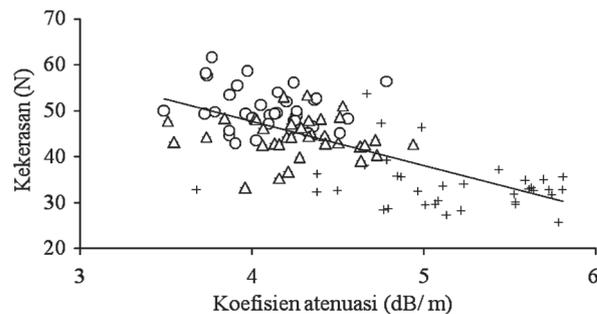
pektin. Trisnobudi (1998) menjelaskan atenuasi tergantung pada jenis mediumnya. Pada medium gas atenuasinya besar, pada cairan atenuasinya sedang, dan pada padatan atenuasinya kecil. Jadi besarnya atenuasi ini berkebalikan dengan besarnya kecepatan gelombang ultrasonik.

Nilai koefisien korelasi (r) pada hubungan kecepatan gelombang ultrasonik dengan Modulus Young (kekerasan) sebesar $r = 0.930$ mempunyai korelasi yang lebih kuat dibandingkan dengan hubungan antara koefisien atenuasi dengan kekerasan buah nanas yang hanya memiliki $r = -0.683$. Sehingga model pendugaan yang diperoleh dari hubungan antara kecepatan gelombang dengan modulus Young (kekerasan) lebih baik untuk menduga kematangan buah nanas pada setiap tingkat kematangannya. Dari kedua hubungan antara karakteristik transmisi gelombang ultrasonik dengan sifat fisikokimia buah nanas, keduanya mempunyai korelasi yang linear dengan kekerasan buah.

Hubungan antara kecepatan gelombang ultrasonik dengan kekerasan menunjukkan adanya korelasi yang cukup kuat. Sedangkan dengan densitas, TPT dan TA menunjukkan korelasi yang lemah dengan kecepatan ultrasonik. Hubungan antara koefisien atenuasi dengan modulus Young, densitas, TA dan TPT menunjukkan adanya korelasi yang lemah. Lemahnya korelasi antara kecepatan dan atenuasi dengan densitas, TPT dan TA dipengaruhi oleh data yang diperoleh dari ketiga tingkat kematangan tersebut yang tidak berbeda nyata. Selain itu juga disebabkan oleh faktor internal adanya keragaman sifat kimia pada produk pertanian itu sendiri meskipun masih dalam satu varietas.

Simpulan

Kecepatan gelombang ultrasonik buah nanas varietas Cayenne pada tiga tingkat kematangan berkisar antara 172.51 – 210.06 m/s, sedangkan koefisien atenuasinya berkisar 4.09 – 5.14 dB/m. Semakin matang buah nanas maka kecepatan



Gambar 3. Hubungan antara koefisien atenuasi dengan kekerasan nanas varietas Cayenne pada tiga tingkat kematangan (o tingkat 1, Δ tingkat 2, + tingkat 3).

gelombang ultrasonik semakin menurun, sebaliknya koefisien atenuasi semakin meningkat dengan semakin matangnya nanas. Kecepatan dan koefisien atenuasi gelombang ultrasonik mempunyai korelasi linier dengan kekerasan nanas. Kecepatan gelombang ultrasonik mempunyai peluang lebih baik untuk digunakan menduga tingkat kematangan buah nanas dibandingkan koefisien atenuasi.

Daftar Pustaka

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1996. Official Methods of Analysis, 16thed. 45:5-6. Washington DC (US).
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2009. Nanas. Standar Nasional Indonesia 3166: 2009. Jakarta (ID): BSN.
- Budiastra IW. 1998. Laporan Kemajuan II Pengembangan Teknologi Gelombang Ultrasonik untuk Penentuan Kematangan dan Kerusakan Buah-buahan Tropika Secara Non-destruktif. Bogor (ID): IPB.
- Camarena F, Martinez-Mora JA. 2006. Potential of Ultrasound to Evaluate Turgidity and Hydration of The Orange Peel. *J Food Eng* 75, 503 -507.
- Djamila S, Budiastra IW, Sutrisno, Edris IM. 2010. Non-destructive Quality Evaluation of Dragon Fruit Using Ultrasound Method. *International Seminar on Horticulture to Support Food Security 2010. Bandar Lampung (ID): C15 - C23*.
- Flitsanov U, Mizrach A, Liberzon A, Akerman M, Zauberman G. 2000. Measurement of Avocado Softening at Various Temperature Using Ultrasound. *J Postharvest Biol Tech* 20, 279 – 286.
- Gaete-Garretón L, Vargas-Hernández Y, León-Vidal C, Pettorino-Besnier A. 2005. A Novel Noninvasive Ultrasonic Method to Assess Avocado Ripening. *J Food Sci* 70, E187 – E 191.
- Garret RE, Fury RB. 1992. Velocity of Sonic Pulses In Apples. *ASAE* 15(4) : 770-774. *Transaction of the ASAE. ST Joseph. MI. USA*.
- Goberman GL. 1968. Ultrasonics: Theory and Application. London (UK): The English Universities Press Ltd.
- Haryanto B. 2002. Pengembangan Model Empiris Untuk Penentuan Tingkat Ketuaan dan Kematangan Durian Unggul secara Non-destruktif dengan Gelombang Ultrasonik [disertasi]. Bogor (ID): SPS IPB.
- Juansah J, Budiastra IW, Suroso. 2006. Pengembangan Sistem Pengukuran Gelombang Ultrasonik untuk Penentuan Kualitas Buah Manggis (*Gracinia mangostana* L.). *Jurnal Keteknik Pertanian* 20(2) : 167-178.
- Kim K, Lee S, Kim M, Cho B. 2009. Determination of Apple Firmness by Nondestructive Ultrasonic Measurement. *J Postharvest Biol Tech* 52 : 44 – 48.
- Lee HO, Luan H, Daut DG. 1992. Use of an Ultrasonic Technique to Evaluate the Rheological Properties of Cheese and Dough. *J Food Eng* 16: 127 – 150.
- Maspanger DR, Purwadaria HK, Budiastra IW, Trisnobudi A. 2005. Karakterisasi Mutu Koagulum Karet dengan Metode Ultrasonik. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian* : 932 – 943.
- Mizrach A. 2000. Determination of Avocado and Mango Fruit Properties by Ultrasonic Technique. *Ultrasonics* 38 : 717 – 722.
- Mizrach A, Flitsanov U, Fuchs Y. 1997. An Ultrasonic Non Destructive Method For Measuring Maturity of Manggo Fruit. *Trans ASAE* 40(4):1107-1111.
- Mizrach A, Galili N, Rosenhouse G, Teitel DC. 1991. Acoustical, Mechanical, and Quality Parameters of Winter-Grown Melon Tissue. *Trans ASAE* 34, 2135-2138.
- Mizrach A, Galili N, Rosenhouse G. 1989. Determination of fruit and vegetable properties by ultrasonic excitation. *Trans ASAE* 32: 2053 – 2058.
- Nasution DA. 2006. Pengembangan Sistem Evaluasi Buah Manggis Secara Non-destruktif dengan Gelombang Ultrasonik [disertasi]. Bogor (ID): SPS IPB.
- Peacock BC, Murray C, Kosiyachinda S, Kasittrakakul M, Tansiriyakul S. 1986. Influence of Harvest Maturity of Mangoes on Storage Potential and Ripe Fruit Quality. *ASEAN Food J* 2: 99 – 103.
- Rejo A, Suroso, Purwadaria HK, Budiastra IW, Nazaruddin YY. 2002. Model for Predicting and Classifying Durian Fruit Based on Defects using Neural Network. *Proceedings 15th Triennial World Congress, Barcelona, Spain*.
- Self GK, Ordozgoiti E, Povey MJW, Wainwright H. 1994. Ultrasonic Evaluation of Ripening Avocado Flesh. *J Postharvest Biol Tech.* 4, 111.
- Trisnobudi. 1998. Metode Ultrasonik untuk Memperkirakan Tingkat Kematangan Buah Tomat Jenis Cherry. *Prosiding Seminar Nasional Penerapan Teknologi Kendali dan Instrumentasi pada Pertanian. Jakarta (ID): BPPT*.
- Waluyo S, Purwadaria HK, Budiastra IW. 2006. Pengukuran Sifat-Sifat Fisik dan Akustik Buah Durian Selama Pematangan. *Buletin Agricultural Engineering BEARING*. Vol 2 (1).
- Warji. 2008. Pendugaan Kerusakan Buah Mangga Arumanis Akibat Lalat Buah dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik [tesis]. Bogor (ID) : SPS IPB.
- Widjanarko SB. 2012. Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen. Malang (ID) : UB Press.